



**DISEÑO DE UN SISITEMA DE MONITOREO DE VARIABLES
AMBIENTALES USANDO COMO FUENTE DE ALIMENTACIÓN UNA
TURBINA EOLICA DE EJE VERTICAL DE TIPO SAVONIUS PARA
EL LABORATORIO CASAS NARANJO DE LA UNIVERSIDAD DEL
MAGDALENA.**

JUAN CARLOS GOMEZ LARA



**TRABAJO DE GRAOD PARA OPTAR AL TITULO DE INGENIERO
ELECTRICO**

TUTOR:

RONALDO MARTINEZ ABUABARA

**UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA
FACULTAD DE INGENIERA
PROGRAMA DE INGENEIRA ELECTRICA
SANTA MARTA COLOMBIA**

2018

	DISEÑO DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE VARIABLES AMBIENTALES USANDO COMO FUENTE DE ALIMENTACIÓN UNA TURBINA EOLICA DE EJE VERTICAL DE TIPO SAVONIUS PARA EL LABORATORIO CASAS NARANJO DE LA UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA.	
---	---	---

1. NOMBRE:

DISEÑO DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE VARIABLES AMBIENTALES USANDO COMO FUENTE DE ALIMENTACIÓN UNA TURBINA EÓLICA DE EJE VERTICAL DE TIPO SAVONIUS PARA EL LABORATORIO CASAS NARANJO DE LA UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA.

2. DURACIÓN ESTIMADA DEL PROYECTO:

5 MESES



3. PRESENTACIÓN:

Actualmente parte de la energía eléctrica que usamos se adquiere de recursos naturales tales como el carbón, petróleo y el gas natural. Aspecto que conlleva a que poco a poco se vayan agotando los recursos naturales que nos ofrece nuestra madre tierra, sin embargo, es oportuno mencionar que en la actualidad no solo se están explorando nuevas formas de obtención de energía, sino que ya el ser humano ha llegado al punto de otros tipos de generación.

La Universidad del Magdalena es una universidad pública departamental cuya sede principal está ubicada en la ciudad de Santa Marta, capital del Magdalena, Colombia. Posee uno de los campus más grandes de la región. Se aspira que esta propuesta tenga un gran impacto ambiental, social y económico en el edificio docente de la Universidad del Magdalena, El laboratorio “Casas Naranjo” estará ubicado en la azotea del edificio docente de la Universidad del Magdalena y está diseñado bajo un enfoque interdisciplinario, el cual permitirá que investigadores y académicos de diferentes áreas del conocimiento desarrollen actividades de I+D+I en torno al área estratégica de “Energía y Clima”.

En el laboratorio de energía renovables “Casas Naranjo” se ha evidenciado que solo cuenta con un tipo de energía renovable, siendo la finalidad del laboratorio promover el uso e investigación de diferentes tipos de fuentes no convencionales energía, a partir de esto se puede considerar la viabilidad a otra fuente de energías verdes que permita a los estudiantes profundizar y afianzarse en otra alternativa para aportar energía al laboratorio.

Este proyecto brindará una herramienta que permitirá ayudar a estudiantes y docentes experimentar nuevas fuentes de energía por medio de una turbina eólicas que además cuenta con un sistema de monitoreo de variables como

	DISEÑO DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE VARIABLES AMBIENTALES USANDO COMO FUENTE DE ALIMENTACIÓN UNA TURBINA EOLICA DE EJE VERTICAL DE TIPO SAVONIUS PARA EL LABORATORIO CASAS NARANJO DE LA UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA.	
---	---	---

corriente, voltaje, potencia, temperatura, humedad y las revoluciones por minuto de esta, con el fin implementar este tipo de proyectos no solo en la Universidad del Magdalena, sino también en lugares donde es difícil encontrar energía eléctrica. La energía eólica es un medio muy eficiente para proteger los recursos naturales y ofrecer un buen equilibrio ecológico.

4. OBJETIVOS:

Objetivo General:



Diseñar de un sistema de monitoreo de variables ambientales usando como fuente de alimentación una turbina eólica tipo Savonius para el laboratorio Casas Naranjo de la Universidad del Magdalena.

Objetivos Específicos:

- I. Diagnosticar las condiciones actuales del laboratorio Casas Naranjo teniendo en cuenta las condiciones ambientales y geográficas.
- II. Diseñar un sistema de monitoreo en tiempo real y un sistema de alimentación usando energía eólica.
- III. Seleccionar los materiales que se usaran en el desarrollo del proyecto.
- IV. Analizar el funcionamiento del sistema para determinar la viabilidad y su impacto en el laboratorio Casas Naranjo.

5. JUSTIFICACIÓN:

Actualmente en la Universidad del Magdalena existe un alto consumo de recursos no renovables, por lo que se hace necesario la implementación de nuevas alternativas para obtener energías limpias. La energía eólica es una forma de energía renovable que se obtiene a partir de la fuerza del aire. Este tipo de obtención de energía es netamente limpia, no genera residuos ni contaminación. En ese orden de ideas es importante que en la Universidad del Magdalena se estén implementando este tipo de energía renovables, ya que esto fomenta la investigación por parte de los estudiantes y docente del plantel.

	DISEÑO DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE VARIABLES AMBIENTALES USANDO COMO FUENTE DE ALIMENTACIÓN UNA TURBINA EOLICA DE EJE VERTICAL DE TIPO SAVONIUS PARA EL LABORATORIO CASAS NARANJO DE LA UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA.	
---	---	---

En cierta forma se pueden hacer proyectos similares ligados a las políticas actuales de la universidad, ayudando a que sea más incluyente e innovadora. Para tales efectos es importante que se comience a implementar estos sistemas de energías alternativas, este proyecto busca brindar una herramienta que sirva para que los estudiantes y docentes de la Universidad del Magdalena implementen proyectos de este tipo aprovechando los recursos naturales que nos ofrece nuestra región y se promueva la cultura de la eficiencia energética.

6. GENERALIDADES DE LA EMPRESA:

La Universidad del Magdalena es una institución estatal del orden territorial, creada mediante ordenanza No. 005 del 27 de octubre de 1958, organizada como ente autónomo con régimen especial, vinculada al Ministerio de Educación Nacional en lo atinente a política y planeación dentro del sector educativo.

Goza de personería jurídica otorgada por la Gobernación del Departamento del Magdalena mediante Resolución 831 de diciembre 3 de 1974. Su objeto social es la prestación del servicio público de educación superior, mediante el ejercicio de la autonomía académica, administrativa, financiera y presupuestal, con gobierno, renta y patrimonio propio e independiente.

Se rige por la Constitución Política de acuerdo con la Ley 30 de 1992 y las demás disposiciones que le son aplicables de acuerdo con su régimen especial y las normas que se dicten en el ejercicio de su autonomía. Su sede principal se localiza en la ciudad de Santa Marta, capital del departamento de Magdalena en Colombia. Así mismo, posee uno de los campus universitarios más grandes de la región, con un área de 50ha. Su dirección es Carrera 32 No 22 - 08 Sector San Pedro Alejandrino, sus coordenadas son; 11°13'18"N 74°11'10"O.

El edificio docente está construido en honor a Ricardo Villalobos Rico quien fue un reconocido Magister en Física que entregó varios años de su vida a la formación del estudiantado de la Universidad. Este edificio requirió una inversión de alrededor de 4.000 millones de pesos, se encuentra ubicado al lado del bloque 8 llamado "Gorgona", cuenta con una extensión de 2.948 metros cuadrados y con 96 estaciones de trabajo en cada piso, aire acondicionado central, salas de espera, cafetería con comedor y terraza para el disfrute de los ratos libres de los profesores. Además de equipos electrónicos



DISEÑO DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE VARIABLES AMBIENTALES USANDO COMO FUENTE DE ALIMENTACIÓN UNA TURBINA EOLICA DE EJE VERTICAL DE TIPO SAVONIUS PARA EL LABORATORIO CASAS NARANJO DE LA UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA.



de última tecnología aptos para la labor de los profesores y cómodos muebles que faciliten su estadía en el recinto.

Dentro de este edificio se encuentra el laboratorio de energías renovables. En busca de implementar acciones en torno a eficiencia energética y energías renovables se encuentra el laboratorio “Casas Naranjo”, que permitirá la generación de energía eléctrica a través de paneles solares fotovoltaicos.

El laboratorio “Casas Naranjo” estará ubicado en la azotea del edificio docente de la Universidad del Magdalena y está diseñado bajo un enfoque interdisciplinario, el cual permitirá que investigadores y académicos de diferentes áreas del conocimiento desarrollen actividades de I+D+I en torno al área estratégica de “Energía y Clima”. En particular, el laboratorio fortalecerá inicialmente procesos de investigación, docencia y extensión de la Facultad de Ingeniería y los programas de pregrado en Ingeniería Electrónica, Ingeniería Ambiental e Ingeniería de Sistemas, al igual que la Maestría en Ingeniería, Maestría en Ciencias Físicas y el Doctorado en Ciencias Físicas.

IMAGEN N° 1: Panorámica del laboratorio Casas Naranjo



Fuente: Google Maps.

IMAGEN N°2: Modelado 3D del laboratorio Casas Naranjo



DISEÑO DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE VARIABLES AMBIENTALES USANDO COMO FUENTE DE ALIMENTACIÓN UNA TURBINA EOLICA DE EJE VERTICAL DE TIPO SAVONIUS PARA EL LABORATORIO CASAS NARANJO DE LA UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA.



Fuente: Sketchup.

7. Funciones del practicante en la organización:

1. Promover actividades ligadas al laboratorio de energías renovables, eficiencia energética y monitoreo atmosférico ubicado en la azotea del Edificio Docente.
2. Apoyar las actividades de preparación para el Solar Decathlon 2019.
3. Fomentar actividades de experimentación en domos geodésicos.
4. Colaborar en procesos de auditoria lumínica y análisis de eficiencia energética en el proyecto "Hacia campus energéticamente sostenible".

8. PROCESOS DE LA EMPRESA:

PROCESOS DE LA UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA

Los procesos de la Universidad del Magdalena están hechos con base al ciclo de Deming (de Edwards Deming), también conocido como círculo PDCA (del inglés plan-do-check-act, esto es, planificar-hacer-verificar-actuar) o espiral de mejora continua, es una estrategia de mejora continua de la calidad en cuatro pasos, basada en un concepto ideado por Walter A. Shewhart. Es muy utilizado por los sistemas de gestión de la calidad (SGC) y los sistemas de gestión de la seguridad de la información (SGSI).

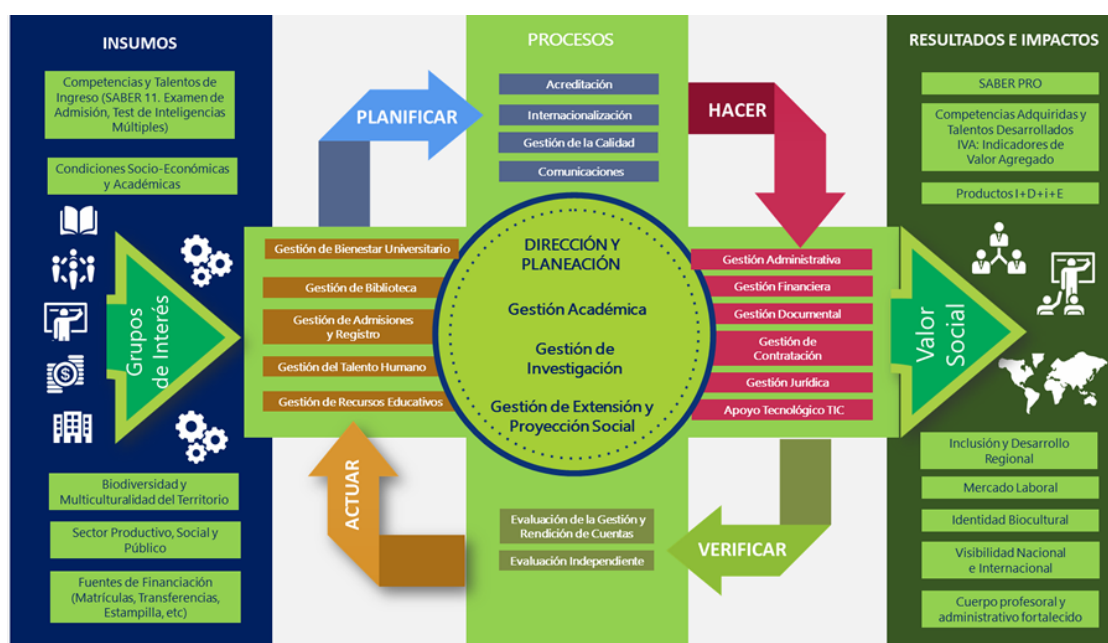


DISEÑO DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE VARIABLES AMBIENTALES USANDO COMO FUENTE DE ALIMENTACIÓN UNA TURBINA EOLICA DE EJE VERTICAL DE TIPO SAVONIUS PARA EL LABORATORIO CASAS NARANJO DE LA UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA.



Los resultados de la implementación de este ciclo permiten a las empresas una mejora integral de la competitividad, de los productos y servicios, mejorando continuamente la calidad, reduciendo los costos, optimizando la productividad, reduciendo los precios, incrementando la participación del mercado y aumentando la rentabilidad de la empresa u organización.

IMAGEN N°3: Ilustración del mapa de procesos de la Universidad del Magdalena





Fuente: www.unimagdalena.edu.co.

Funciones¹

La Universidad del Magdalena cumplirá las siguientes funciones:

1. Planear, organizar, administrar y ejecutar los programas y proyectos requeridos en el cumplimiento de sus procesos misionales, a fin de garantizar formación académica, investigativa, cultural e integral de sus estudiantes.
2. Desarrollar y consolidar los procesos estratégicos, misionales, de apoyo y evaluación, con base en las políticas y los planes institucionales de desarrollo y gestión.

¹ Tomado de la siguiente página web: <https://www.unimagdalena.edu.co/Publico/FuncionesDeberes>

	<p>DISEÑO DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE VARIABLES AMBIENTALES USANDO COMO FUENTE DE ALIMENTACIÓN UNA TURBINA EOLICA DE EJE VERTICAL DE TIPO SAVONIUS PARA EL LABORATORIO CASAS NARANJO DE LA UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA.</p>	
---	--	---

3. Diseñar, adoptar y ejecutar los proyectos y actividades que permitan el cumplimiento del objeto, los objetivos y la misión de la Universidad.
4. Estudiar e investigar temas de relevancia regional y nacional que por su importancia estratégica tengan impacto en el desarrollo social, económico, cultural, artístico, ambiental científico y técnico.
5. Definir las políticas y directrices de administración eficiente y transparente de los recursos de la Universidad.
6. Fomentar y velar por el desarrollo humano y bienestar de la comunidad universitaria.
7. Promover la actualización científica, técnica y tecnológica en todos los procesos, dependencias y programas de la universidad.
8. Promover acciones interuniversitarias e interinstitucionales con el objeto de intercambiar logros en los campos de docencia, investigación y extensión.
9. Promover la integración con todas las Universidades, en especial las de la región caribe en los ámbitos de su competencia.
10. Las demás que le sean asignadas por la Constitución Política, las leyes y las normas estatutarias.

Deberes²

La Universidad del Magdalena tiene los siguientes deberes:

1. Prestar el servicio público de educación superior y de formación para el trabajo con los más altos estándares científicos y académicos, a fin de contribuir al desarrollo integral del Departamento, la Región y el País, en ejercicio de su autonomía y del pleno respeto por los derechos de los ciudadanos, sus estudiantes, docentes y personal administrativo.
2. Formar integralmente ciudadanos libres de alta calidad profesional, ética y política que contribuyan con su conocimiento y capacidad de liderazgo en los procesos de cambio y mejoramiento de la calidad de vida, los derechos civiles y los derechos humanos de las comunidades del Departamento, la Región y el País.
3. Dotar a quienes se formen en la Universidad de conciencia crítica, mente abierta y tolerancia para con sus congéneres, a fin de que actúen humana y responsablemente en cada uno de los actos de su vida.
4. Trabajar permanentemente en la construcción de una comunidad académica para la creación y difusión del conocimiento científico, técnico humanístico y artístico, así como también la promoción de la unidad

² Tomado de la siguiente página web: <https://www.unimagdalena.edu.co/Publico/FuncionesDeberes>



DISEÑO DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE VARIABLES AMBIENTALES USANDO COMO FUENTE DE ALIMENTACIÓN UNA TURBINA EOLICA DE EJE VERTICAL DE TIPO SAVONIUS PARA EL LABORATORIO CASAS NARANJO DE LA UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA.



nacional, la democracia, la descentralización, la integración regional y la cooperación interinstitucional.

5. Promover y ofrecer una oferta educativa que permita motivar, acompañar y dar respuesta oportuna a la educación que a lo largo de la vida requieran quienes sean estudiantes de la Universidad.
6. Formar ciudadanos conscientes, responsables, profesionales, críticos e investigadores, dotados de una cultura humanística, científica y técnica, comprometidos con los principios democráticos capaces de comportarse éticamente en la sociedad, de enfrentar acertadamente las dificultades que se les puedan presentar en el desarrollo de sus relaciones sociales, de seguirse formando por sí mismos y de asumir los retos y propuestas de cambio que demanda la dinámica social.
7. Garantizar espacios de debate y de respeto a las libertades de conciencia, opinión, enseñanza, aprendizaje, investigación y aplicación de conocimientos, con una promoción de los valores por la defensa de la vida, la libertad y la conciencia del deber social.³
8. Fortalecer los lazos con todas las instancias y entes académicos e investigativos, nacionales e internacionales, respetando la libertad de pensamiento, creencias y estilos de formación, con el fin de lograr la creación, intercambio y asimilación crítica de conocimientos
9. Promover el desarrollo y fortalecimiento de la investigación, formación y desarrollo integral de los estudiantes, docentes y personal administrativo de la Universidad.
10. Apoyar y prestar asesoría y asistencia en el diseño, adopción y ejecución de programas y proyectos, públicos o privados, que contribuyan a superar y mejorar las condiciones económicas, sociales, ambientales, culturales y de calidad de vida de las personas de las zonas de Influencia de la Universidad.
11. Promover la preparación e Inclusión de los ciudadanos en las dinámicas internacionales del conocimiento, la ciencia, la innovación, la técnica y el trabajo.
12. Contribuir al estudio, preservación y divulgación de los saberes propios de las etnias y culturas que constituyen la nación colombiana, en particular de la Región Caribe.
13. Aportar al desarrollo del país a través del trabajo comunitario, la responsabilidad social, la reflexión académica de los problemas regionales y nacionales y la extensión solidaria.

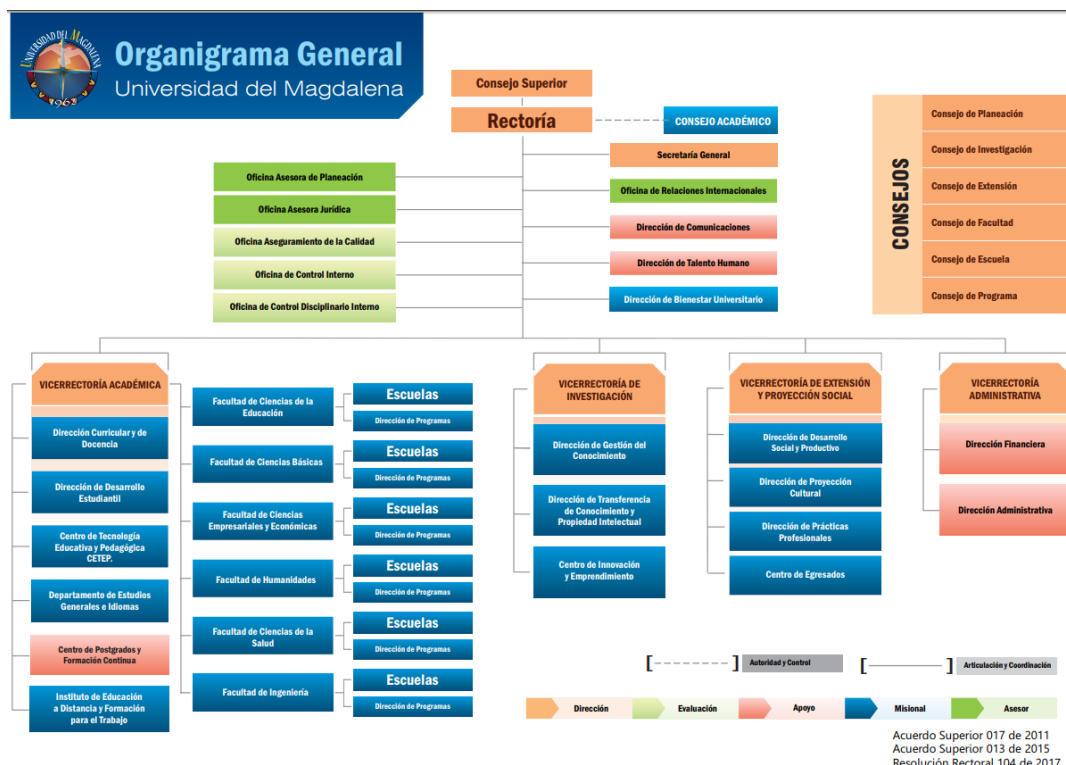
³ Tomado de la siguiente página web: <https://www.unimagdalena.edu.co/Publico/FuncionesDeberes>



DISEÑO DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE VARIABLES AMBIENTALES USANDO COMO FUENTE DE ALIMENTACIÓN UNA TURBINA EOLICA DE EJE VERTICAL DE TIPO SAVONIUS PARA EL LABORATORIO CASAS NARANJO DE LA UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA.



IMAGEN N°4: Ilustración del Organigrama de la Universidad del Magdalena



Fuente: www.unimagdalena.edu.co/Publico/EstructuraOrganizacional.

9. DIAGNÓSTICO:

En el laboratorio de energías renovables Casas Naranjo de la universidad del Magdalena se encuentra implementado un sistema de generación de energía fotovoltaica, que actualmente está en funcionamiento, generando 19.9 KW, donde 10 KW van dirigidos al laboratorio, conectado con un sistema hibrido que posee un banco de batería de respaldo y 9.9 KW para un sistema inyectado a la red, el cual aporta energía eléctrica al edificio docente. Debido a esto, se ha evidenciado que sólo cuenta con un tipo de energía renovable, siendo la finalidad del laboratorio promover el uso e investigación de diferentes tipos de fuentes no convencionales energía, a partir de esto, se puede considerar la viabilidad a otra fuente de energías verdes que permita a los estudiantes profundizar y afianzarse en otra alternativa para aportar energía al laboratorio.



DISEÑO DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE VARIABLES AMBIENTALES USANDO COMO FUENTE DE ALIMENTACIÓN UNA TURBINA EOLICA DE EJE VERTICAL DE TIPO SAVONIUS PARA EL LABORATORIO CASAS NARANJO DE LA UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA.



10. PROPUESTA:

En el siguiente proyecto se realizará un diseño de una turbina eólica de eje vertical de tipo savonius con un sistema de monitoreo de variables como la temperatura, humedad, corriente, voltaje, potencia y las revoluciones por minuto del sistema, considerándose como una herramienta de estudio para el laboratorio de energía renovable de Casas Naranjo en la Universidad del Magdalena con el fin de incentivar el desarrollo de nuevas fuentes de energía no convencionales, ya que no existe un prototipo que sea objeto de estudio.

Se determinó escoger el tipo de generador savonius, ya que este presenta mayor ventaja frente a las turbinas de eje horizontal, debido a que ésta trabaja a velocidades bajas y no tiene en cuenta la dirección del viento para su funcionamiento, además son de sencilla fabricación. A continuación, se explicará cada una de las partes del sistema y se hablará del sistema IoT para el monitoreo en tiempo real de variables ambientales y de las partes del sistema.

IMAGEN N°5: Propuesta de desarrollo del proyecto.



Fuente: happiness.co.



DISEÑO DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE VARIABLES AMBIENTALES USANDO COMO FUENTE DE ALIMENTACIÓN UNA TURBINA EOLICA DE EJE VERTICAL DE TIPO SAVONIUS PARA EL LABORATORIO CASAS NARANJO DE LA UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA.



Monitoreo en tiempo real

La internet de las cosas (**IoT**) es un sistema de dispositivos de computación interrelacionados, máquinas mecánicas y digitales, objetos, animales o personas que tienen identificadores únicos y la capacidad de transferir datos a través de una red (searchdatacenter.techtarget.com, 2017), sin requerir de interacciones humano a humano o humano a computadora. Para el siguiente proyecto se hará el monitoreo de:

- Temperatura
- Humedad relativa
- Voltaje de la batería
- Corriente
- Potencia generada del sistema

La plataforma que se usará es Ubidots es una empresa de visualización y análisis de datos de Internet de las cosas (IoT). Convierte los datos de los sensores en información que son importante para las decisiones, las interacciones de máquina a máquina, la investigación educativa y para aumentar la economización de los recursos globales.

El viento y su energía.

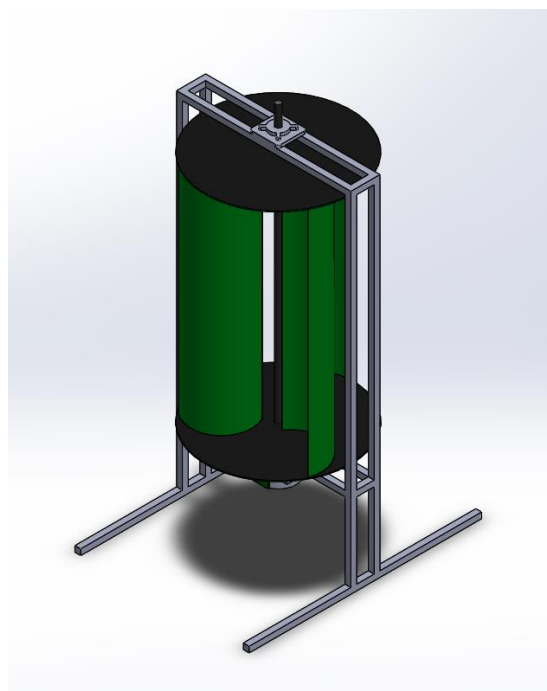
El viento es uno de los elementos fundamentales para la generación de energía por medio de las turbinas eólicas y es considerado como el movimiento del aire en la atmósfera, siendo el producto de una diferencia de potencial a una diferencia de temperatura (Zambrano, 2017), el aire al chocar con una superficie ejerce una fuerza debido a su masa, el cual es de gran provecho para movimiento de las aspas en los generadores.



DISEÑO DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE VARIABLES AMBIENTALES USANDO COMO FUENTE DE ALIMENTACIÓN UNA TURBINA EOLICA DE EJE VERTICAL DE TIPO SAVONIUS PARA EL LABORATORIO CASAS NARANJO DE LA UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA.

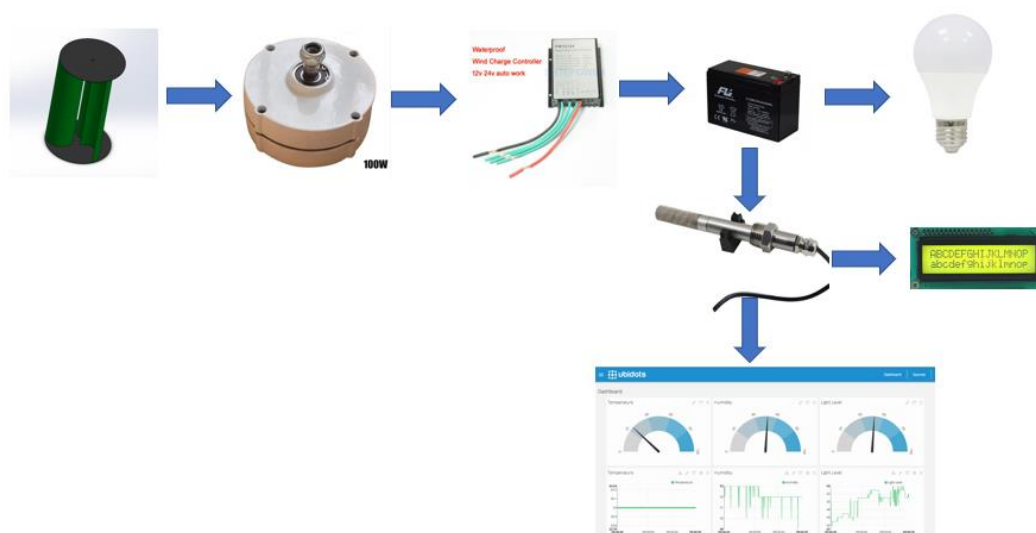


IMAGEN N°6: Generador eólico.





Fuente: *Solidworks*.

IMAGEN N°7: Proceso del proyecto.





Fuente: *Power Ponit*

	DISEÑO DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE VARIABLES AMBIENTALES USANDO COMO FUENTE DE ALIMENTACIÓN UNA TURBINA EOLICA DE EJE VERTICAL DE TIPO SAVONIUS PARA EL LABORATORIO CASAS NARANJO DE LA UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA.	
---	---	---

11. CRONOGRAMA:

FAS	ACTIVIDAD	SEMANAS																			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
FASE I	Diagnóstico de las condiciones actuales del laboratorio Casas Naranjo teniendo en cuenta las condiciones ambientales y geográficas.																				
FASE II	Diseño del sistema de monitoreo en tiempo real.																				
FASE III	Selección de los materiales que se usaran en el desarrollo del proyecto.																				
FASE IV	Estimación del funcionamiento del sistema para determinar la viabilidad y su impacto en el laboratorio Casas Naranjo.																				

	DISEÑO DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE VARIABLES AMBIENTALES USANDO COMO FUENTE DE ALIMENTACIÓN UNA TURBINA EOLICA DE EJE VERTICAL DE TIPO SAVONIUS PARA EL LABORATORIO CASAS NARANJO DE LA UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA.	
---	---	---

12. PRESUPUESTO:

N°	Rubro	Funciones	Unidad	Cantidad	Dedicación	Valor Unitario	Valor total
1.	Personal						
1.1.	Ronal Martínez Abuabara	Tutor de prácticas profesionales	Horas	NA	5	\$ 5.000.000	\$ 25.000.000
1.2.	John Alexander Taborda Giraldo	Jefe inmediato	Horas	NA	5	\$ 7.500.000	\$ 37.500.000
1.3.	Técnico de apoyo	Estudiante de practicas	Horas	NA	5	\$ 782.400	\$ 3.912.000
Total capacidad instalada							\$ 66.412.000
2.	Materiales usados para el desarrollo del proyecto						
2.1.	Balnera ϕ 3/4"	NA	Unidad	2	NA	\$ 16.000	\$ 32.000
2.2.	Tubo cuadrado 1" c,18 cerraj	NA	Unidad	2	NA	\$ 19.000	\$ 38.000
2.3.	soldadura	NA	KG	1	NA	\$ 12.000	\$ 12.000
2.4.	Pintura de aceite de color negra	NA	Galón	1	NA	\$ 5.000	\$ 5.000
2.5.	Pintura de aceite de color verde	NA	Galón	1	NA	\$ 5.000	\$ 5.000
2.6.	láminas de aluminio	NA	Metros	1	NA	\$ 56.700	\$ 56.700
2.7.	Tubo galvanizado	NA	Metros	1	NA	\$ 5.000	\$ 5.000
2.8.	Madera Triplex	NA	Metros	1	NA	\$ 22.000	\$ 22.000
2.9.	Sensor de temperatura y humedad	NA	Unidad	1	NA	\$ 79.200	\$ 79.200
3.0.	ESP32 IoT Microcontroller	NA	Unidad	1	NA	\$ 34.500	\$ 34.500
3.1.	Cable utp	NA	Metros	3	NA	\$ 1.500	\$ 4.500
3.2.	Adaptador AC 12V	NA	Unidad	1	NA	\$ 15.000	\$ 15.000
3.3.	Convertidor DC-DC	NA	Unidad	1	NA	\$ 6.900	\$ 6.900
3.4.	Generador Eólico de imán permanente de 100W a 24V	NA	Unidad	1	NA	\$ 503.000	\$ 503.000
3.5.	LCD 16x2	NA	Unidad	1	NA	\$ 7.500	\$ 7.500
3.6.	Controlar de carga eolico 3 fases	NA	Unidad	1	NA	\$ 120.000	\$ 120.000
3.7.	Batería de 12v a 9 A/h	NA	Unidad	1	NA	\$ 85.000	\$ 85.000
3.8.	IMPREVISTO						\$ 195.947
Sub total							\$ 67.639.247
Total capacidad instalada							\$ 66.412.000
valor total del proyecto							\$ 1.227.247

13. IMPACTOS ESPERADOS

N°	Impactos
1	Incentivar a los estudiantes de la Universidad del Magdalena a la investigación de nuevas alternativas de obtención de energía.
2	Detectar las necesidades reales de formación e información acerca de la utilización de la energía eólica dentro de las instalaciones del laboratorio Casas Naranjo en la Universidad del Magdalena, para facilitar los procesos de aprendizaje integral.
3	Crear una cultura ambientalista para que los estudiantes de la Universidad del Magdalena promuevan estos proyectos a futuro.

14. DESARROLLO DE LA PROPUESTA

Para el diseño del generador eólico de tipo savonius se determina una serie de procedimientos que se presentan a continuación.

1. Recolección y análisis de los datos atmosféricos del lugar.

Es necesario tener conocimiento de las condiciones meteorológicas del lugar ya que el sistema de generación eólico será instalado en el laboratorio de energías



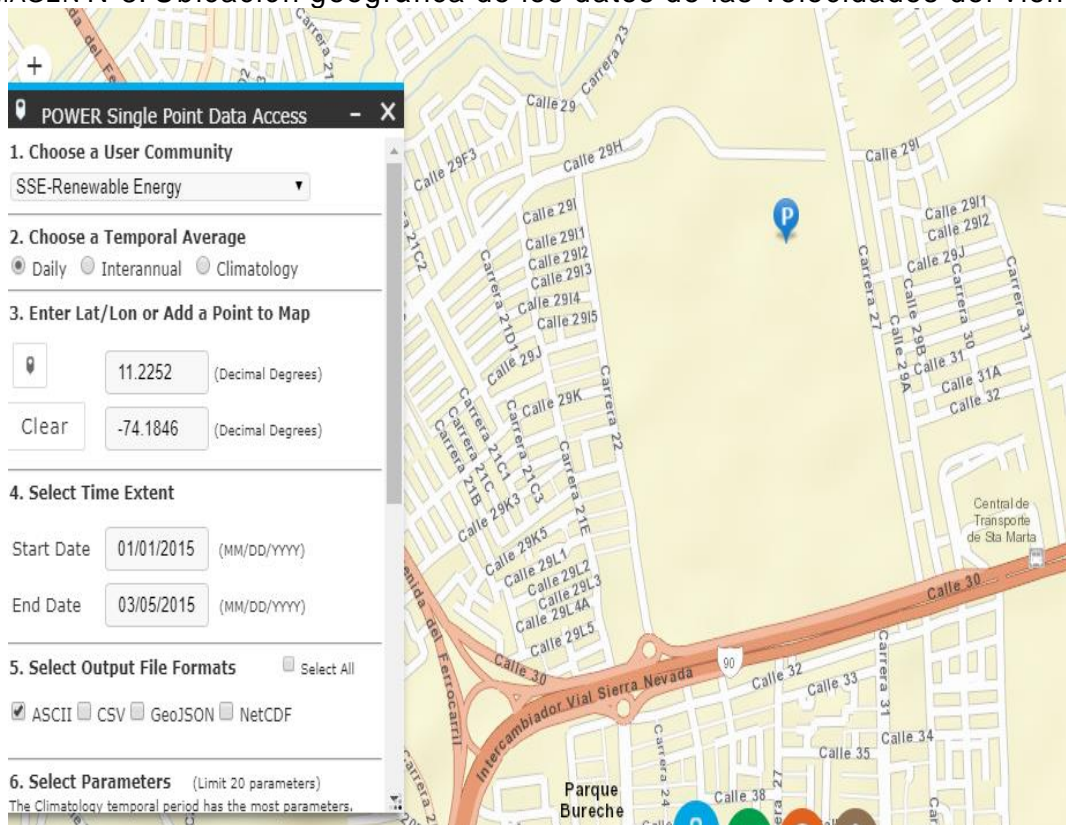
DISEÑO DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE VARIABLES AMBIENTALES USANDO COMO FUENTE DE ALIMENTACIÓN UNA TURBINA EOLICA DE EJE VERTICAL DE TIPO SAVONIUS PARA EL LABORATORIO CASAS NARANJO DE LA UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA.



renovables Casas Naranjo ubicado en el Edificio Docente de la Universidad del Magdalena en la ciudad de Santa Marta, para esto fue necesario utilizar la plataforma web de la Nasa llamada power.larc.nasa, la cual nos permite tener datos de velocidad de viento y temperatura; datos que nos permiten calcular la densidad del aire y la potencia del viento que se utilizan para el dimensionamiento del sistema eólico.

En primera instancia obtenemos los datos de velocidad del viento, teniendo las coordenadas geográficas y altura de la medición.

IMAGEN N°8: Ubicación geográfica de los datos de las velocidades del viento.



Fuente: power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/.



DISEÑO DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE VARIABLES AMBIENTALES USANDO COMO FUENTE DE ALIMENTACIÓN UNA TURBINA EOLICA DE EJE VERTICAL DE TIPO SAVONIUS PARA EL LABORATORIO CASAS NARANJO DE LA UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA.



A continuación, se muestra el reporte de los registros de la velocidad del viento, obtenidos por la Power data access viewer de la nasa (Power Access Viewer, 1998) . Para los años del 2013 al 2018.

TABLA N°1: VELOCIDADES DE VIENTOS PERIODO 2013-2014

velocidad del viento (m/s)					velocidad del viento (m/s)				
Año	Mes	Máximo	Minimo	Media	Año	Mes	Máximo	Minimo	Media
2013	Enero	9,3	6,1	7,70	2014	Enero	8,85	5,78	7,32
	Febrero	9,17	6,22	7,70		Febrero	9,30	6,14	7,72
	Marzo	8,8	6,03	7,42		Marzo	8,89	5,81	7,35
	Abril	8,21	5,27	6,74		Abril	5,91	2,99	4,45
	Mayo	6,79	3,61	5,20		Mayo	6,33	2,80	4,56
	Junio	7,03	3,85	5,44		Junio	7,63	4,53	6,08
	Julio	7,38	4,44	5,91		Julio	7,08	3,58	5,33
	Agosto	6,58	3,44	5,01		Agosto	6,51	3,02	4,76
	Septiembre	5,14	1,78	3,46		Septiembre	5,99	2,83	4,41
	Octubre	6,13	2,68	4,41		Octubre	4,61	1,99	3,30
	Noviembre	6,65	3,99	5,32		Noviembre	6,29	3,59	4,94
	Diciembre	8,64	5,85	7,25		Diciembre	8,62	6,55	7,58
velocidad promedia anual		7,49	4,44	5,96	velocidad promedia anual		7,17	4,13	5,65

Fuente: adaptado de la página Power data access viewer.

TABLA N°2: VELOCIDADES DE VIENTOS PERIODO 2015-2016

velocidad del viento (m/s)					velocidad del viento (m/s)				
Año	Mes	Máximo	Minimo	Media	Año	Mes	Máximo	Minimo	Media
2015	Enero	8,96	6,36	7,66	2016	Enero	8,03	5,18	6,61
	Febrero	8,83	5,97	7,40		Febrero	9,42	6,35	7,89
	Marzo	9,56	6,37	7,97		Marzo	9,19	5,84	7,52
	Abril	7,92	5,02	6,47		Abril	7,28	4,58	5,93
	Mayo	8,03	4,77	6,40		Mayo	6,13	2,81	4,47
	Junio	7,58	4,34	5,96		Junio	6,87	3,32	5,10
	Julio	8,05	5,1	6,58		Julio	7,54	4,62	6,08
	Agosto	7,06	3,88	5,47		Agosto	6,71	3,07	4,89
	Septiembre	5,93	2,69	4,31		Septiembre	6,18	2,88	4,53
	Octubre	5,55	2,14	3,85		Octubre	5,19	2,16	3,68
	Noviembre	6,86	3,82	5,34		Noviembre	4,95	2,17	3,56
	Diciembre	7,89	4,84	6,37		Diciembre	8,01	5,86	6,93
velocidad promedia anual		7,69	4,61	6,15	velocidad promedia anual		7,13	4,07	5,60

Fuente: adaptado de la página Power data access viewer.



DISEÑO DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE VARIABLES AMBIENTALES USANDO COMO FUENTE DE ALIMENTACIÓN UNA TURBINA EOLICA DE EJE VERTICAL DE TIPO SAVONIUS PARA EL LABORATORIO CASAS NARANJO DE LA UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA.



TABLA N°3 VELOCIDADES DE VIENTOS PERIODO 2017-2018

velocidad del viento (m/s)					velocidad del viento (m/s)				
Año	Mes	Máximo	Mínimo	Media	Año	Mes	Máximo	Mínimo	Media
2017	Enero	8,32	5,99	7,15	2018	Enero	8,34	5,03	6,68
	Febrero	8,41	5,67	7,04		Febrero	9,66	6,57	8,11
	Marzo	8,61	6,04	7,32		Marzo	8,81	5,28	7,04
	Abril	7,29	4,29	5,79		Abril	7,60	4,63	6,12
	Mayo	6,80	2,75	4,77		Mayo	6,44	2,82	4,63
	Junio	6,94	3,23	5,08		Junio	7,09	3,72	5,40
	Julio	6,88	3,51	5,20		Julio	7,42	4,68	6,05
	Agosto	6,29	3,06	4,68		Agosto	6,84	3,78	5,31
	Septiembre	4,73	1,77	3,25		Septiembre	6,37	2,63	4,50
	Octubre	5,20	1,69	3,44		Octubre	5,70	2,84	4,27
	Noviembre	5,81	2,95	4,38		Noviembre	6,57	3,98	5,28
	Diciembre	8,31	5,65	6,98		Diciembre	0,00	0,00	0,00
velocidad promedia anual		6,97	3,88	5,42	velocidad promedia anual		6,74	3,83	5,28

Fuente: adaptado de la página Power data access viewer.

TABLA N°4 Reporte de velocidades de viento por año.

velocidad del viento (m/s)			
Año	maxima	minima	media
2013	7,49	4,44	5,965
2014	7,17	4,13	5,65
2015	7,69	4,61	6,15
2016	7,13	4,07	5,6
2017	6,97	3,88	5,425
2018	6,74	3,83	5,285
Promedi anual	7,2	4,2	5,7

Fuente: adaptado de la página Power data access viewer.

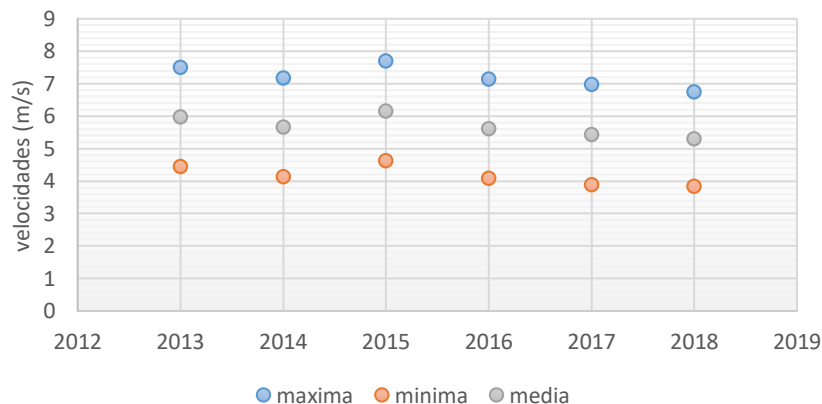
IMAGEN N°9: Reporte de velocidades de viento por año.



DISEÑO DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE VARIABLES AMBIENTALES USANDO COMO FUENTE DE ALIMENTACIÓN UNA TURBINA EOLICA DE EJE VERTICAL DE TIPO SAVONIUS PARA EL LABORATORIO CASAS NARANJO DE LA UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA.



Velocidades de vientos por año



Fuente: adaptado de la página Power data access viewer.

De acuerdo con los registros de la tabla N°4 se cuenta con una velocidad promedio mínima de 4,2 m/s, una máxima de 7,2 m/s y una media de 5,7 m/s; estos valores de velocidades se toman como referencia a una altura de 10 metros sobre el nivel del mar.

De igual manera se determina el promedio de la temperatura del lugar de instalación de la turbina, debido a que influye considerablemente en la densidad del aire, por parte de la plataforma CLIMATE-DATA.ORG (CLIMATE-DATA.ORG, 2015) tenemos que la temperatura promedio de santa marta es de 28,9 °C.

2. Parámetros iniciales que definen el diseño del generador.

Teniendo en cuenta la condiciones a las que están expuesta el generador para su correcto funcionamiento se determinan algunos parámetros que influyen en el correcto funcionamiento de este, como lo son:

2.1. Condiciones ambientales.

Tanto la velocidad, temperatura y densidad del aire son parámetros fundamentales en el funcionamiento del generador, es necesario conocer el valor promedio de cada una de estas variables, la temperatura y velocidad se determinaron en el procedimiento anterior, lo que permite hallar el valor de la densidad del aire, el cual se determina por la siguiente ecuación:



DISEÑO DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE VARIABLES AMBIENTALES USANDO COMO FUENTE DE ALIMENTACIÓN UNA TURBINA EOLICA DE EJE VERTICAL DE TIPO SAVONIUS PARA EL LABORATORIO CASAS NARANJO DE LA UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA.



$$\rho = \frac{P_p}{R \cdot T} \text{ (MORIMITSU, 2015)}$$

Donde ρ es la densidad del aire, P_p es la presión atmosférica, R es la constante del aire que es $0,287 \text{ KJ/Kg} \cdot \text{K}$ (Ramírez Cruz Alan, 2014) y T es la temperatura promedio.

$$\rho = \frac{101300 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}}{0,287 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}} \text{K} \cdot (28,9 + 273) \text{K}}$$

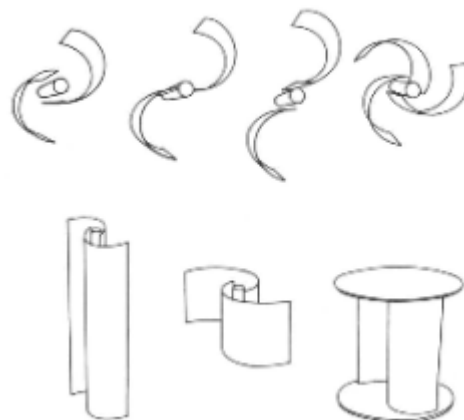
$$\rho = 1,169 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

Por lo tanto, se tiene una velocidad de viento promedio de $5,7 \text{ m/s}$, temperatura promedio de $28,9 \text{ }^\circ\text{C}$ y densidad del aire de $1,169 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$.

2.2. Tipo de generadores savonius.

Se encuentran diferentes tipos de molino de vientos savonius, de diferentes números de aspas, combinándose entre el número de módulos y los ángulos de separación entre ellas, el cual se presenta en la imagen N° 6 y N°7.

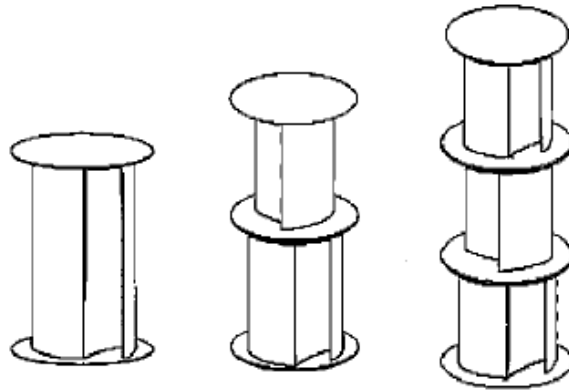
IMAGEN N°10: Tipo de molino de viento tipo savonius.



Fuente: revistas.unal.edu.co/index.php/ingenev/article/view/19535/20560



IMAGEN N°11: Tipo de molino de viento con diferente número de módulos.



Fuente: revistas.unal.edu.co/index.php/ingenv/article/view/19535/20560.

Es necesario mencionar que se seleccionó el generador eólico de tipo savonius de acuerdo con las ventajas que este tiene, para el tipo de condiciones atmosféricas obtenidas anteriormente, este permite un buen funcionamiento a bajas velocidades y a diferencia de los generadores de eje horizontal, es que no dependen de la dirección del viento para su funcionamiento.

2.3. Velocidad punta de alabe(TSR).

Más conocida como “Tip Speed Ratio”, relaciona la velocidad tangencial del álabe y la velocidad del viento, es también conocida como velocidad específica y se define:



$$TSR = \frac{\omega * r}{v} \text{ (MORIMITSU, 2015)}$$

donde ω es la velocidad angular [rad/s], r es el radio del rotor [m] y v es la velocidad del viento.

La velocidad angular se expresa de la siguiente manera:

$$\omega = 2 * \pi * n \text{ (MORIMITSU, 2015)}$$

Siendo n el número de revoluciones.

	DISEÑO DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE VARIABLES AMBIENTALES USANDO COMO FUENTE DE ALIMENTACIÓN UNA TURBINA EOLICA DE EJE VERTICAL DE TIPO SAVONIUS PARA EL LABORATORIO CASAS NARANJO DE LA UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA.	
---	---	---

2.4. Coeficiente de potencia (Cp).

El coeficiente de potencia relaciona la potencia extraída y la potencia total del viento. Por la Ley de Betz, es imposible que una máquina extraiga toda la potencia del viento. De esta forma, la potencia extraída por el aerogenerador dependerá de su coeficiente de potencia, quien a su vez depende en gran medida de la forma de los álabes.

Teóricamente no se han desarrollado muchas ecuaciones que relacionen el coeficiente de potencia con las características del rotor Savonius. Experimentalmente se han construido curvas que relacionan el coeficiente de potencia con la velocidad de punta de álabe, se ha encontrado que el máximo coeficiente de potencia de un rotor Savonius alcanza el valor de 0,33 (MORIMITSU, 2015)

Algunos científicos como Khan concluyeron en sus pruebas que con una unidad de prototipo de escala completa obtuvo un máximo de coeficiente de potencia de 0,32 en 1978 (Barrazueta, 2015).

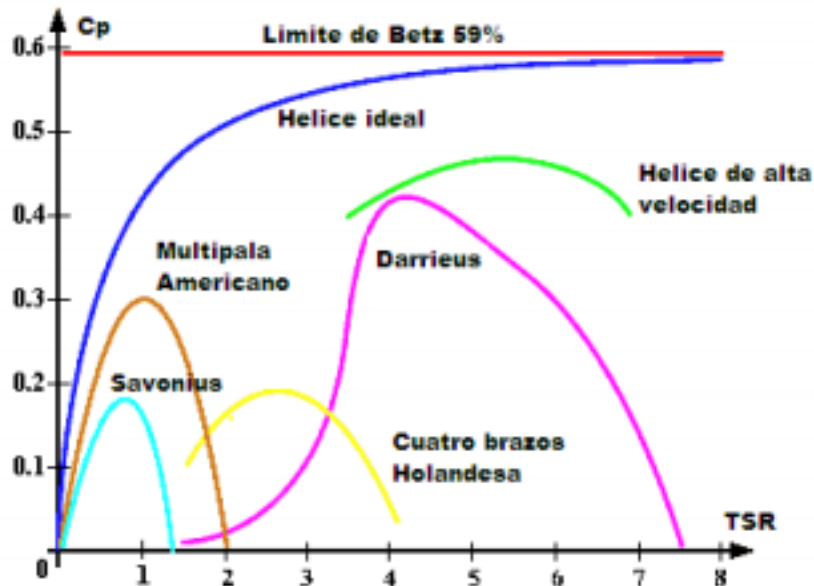
Para Nguyen en Senegal en el año 1977 estudió el mejoramiento de la sección Savonius semicircular por medio del acoplamiento de diferentes superficies aerodinámicas auxiliares a los sistemas y de esta manera obtuvo un coeficiente de potencia del 0,26 (Barrazueta, 2015).

teóricamente se representación gráficamente la curva de relación coeficiente de potencia versus TSR para generadores de eje vertical de baja potencia, como se puede ver en la imagen N°7.

IMAGEN N°12: Curva característica de Cp vs TSR.



DISEÑO DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE VARIABLES AMBIENTALES USANDO COMO FUENTE DE ALIMENTACIÓN UNA TURBINA EOLICA DE EJE VERTICAL DE TIPO SAVONIUS PARA EL LABORATORIO CASAS NARANJO DE LA UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA.



Fuente: tangara.uis.edu.co/biblioweb/tesis/2011/137798.pdf.

En la imagen se puede apreciar un coeficiente de potencia de 0,2 para un TSR de 0,8, por lo tanto, es el valor seleccionado para el cálculo y diseño del generador

2.5. La relación de aspecto de álabe (BAR).

Nos da una relación entre la longitud de la cuerda (c) y la longitud de la pala (L) y su valor no tiene repercusiones mayores en el rendimiento siempre y cuando su valor esté en un rango entre 5 y 10 (Oscar Ivan Orduz Berdugo, 2011) Esta magnitud está dada por

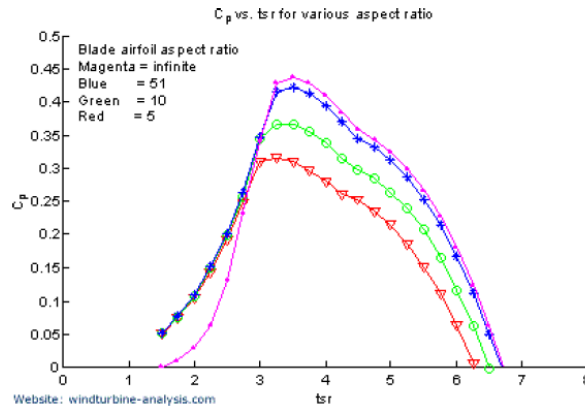
$$BAR = \frac{L}{c}$$

Donde L[m] es la longitud de la cuerda y c [m] cuerda del perfil.

IMAGEN N°13: Curva característica de Cp vs TSR.



DISEÑO DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE VARIABLES AMBIENTALES USANDO COMO FUENTE DE ALIMENTACIÓN UNA TURBINA EOLICA DE EJE VERTICAL DE TIPO SAVONIUS PARA EL LABORATORIO CASAS NARANJO DE LA UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA.



Fuente: <http://www.windturbine-analysis.netfirms.com/>.

Lo que permite trabajar con un valor de BAR = 8 cercano el rendimiento teórico del rotor. (Oscar Ivan Orduz Berdugo, 2011)

Para esto tenemos que tener en cuenta la solidez del rotor, la cual está relacionada con el área comprendida por los alabes del rotor respecto al área total de barrido por tanto se expresa como.

$$\sigma = \frac{N * C * L}{A} = \frac{N * C}{D}$$

Donde

N número de alabes.

C cuerda de perfil [m].

D diámetro del rotor[m].

A área de barrido[m].

L longitud de alabes.

3. Calculo y diseño del generador eólico.

El proceso de este diseño se divide en varios componentes que determinan el diseño final del generador, para ello se tienen en cuenta los parámetros mencionados anteriormente.

3.1. Diseño del rotor.

Este uno de los más importantes debido a que se encuentra en contacto directos con el viento, el cual permite la conversión de la energía mecánica a eléctrica. El diseño del rotor está conformado por tres semicírculos y dos tapas circulares,



DISEÑO DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE VARIABLES AMBIENTALES USANDO COMO FUENTE DE ALIMENTACIÓN UNA TURBINA EOLICA DE EJE VERTICAL DE TIPO SAVONIUS PARA EL LABORATORIO CASAS NARANJO DE LA UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA.



estas aspas estarán ubicadas de manera vertical separadas a una distancia prudente del eje central del rotor. En necesario que el material que compone el rotor sea lo más liviano posible para que se pueda soportar.

Para el diseño de este se ha seleccionado el coeficiente de potencia mencionado en el procedimiento anterior y se toma la velocidad del viento y densidad del aire, calculada anteriormente.

3.2. Potencial energético del viento.

La velocidad del viento es fundamental para determinar la cantidad de energía eléctrica que un equipo puede transformar, esto depende de las condiciones atmosféricas, ubicación geográfica y topografía local, es notable que no se puede extraer toda la energía cinética proveniente del viento, debido a pérdidas por fricción, torsión entre otros. (Zambrano, 2017)

La potencia eólica disponible a través de una superficie de sección A , perpendicular al flujo de viento, v , viene dada por el flujo de la energía cinética por unidad de tiempo.

$$P_d = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}(\rho Av)v^2 = \frac{1}{2}\rho Av^3 \text{ (MORIMITSU, 2015)}$$

Donde m es la masa del aire, ρ es la densidad del aire que depende de la temperatura y la presión atmosférica, v velocidad del aire y A es el área de barrido de el rotor, de esta manera se puede hallar la máxima potencia que se puede aprovechar del viento.

De esta manera podemos determinar la potencia adquirida del viento teniendo un área determinada, pero en este caso se determinará las dimensiones del área de barrido para una potencia máxima de 100 watt.

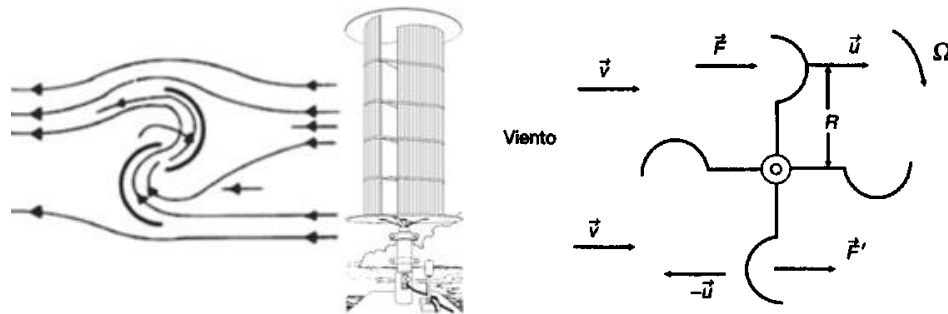
Como no se puede extraer toda la potencia del viento, es necesario realizar un análisis aerodinámico para determinar una nueva expresión donde se determine la parte de energía que puede ser extraída del viento.

El rotor Savonius está formado por semicilindros cuyos ejes están desplazados entre sí. El desplazamiento entre los ejes facilita el cambio de dirección de flujo, por lo que además de la acción de las fuerzas de origen aerodinámico se aprovecha la variación de la cantidad de movimiento del fluido.

IMAGEN N°14: Principio de funcionamiento del rotor eólico en presencia del viento.



DISEÑO DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE VARIABLES AMBIENTALES USANDO COMO FUENTE DE ALIMENTACIÓN UNA TURBINA EOLICA DE EJE VERTICAL DE TIPO SAVONIUS PARA EL LABORATORIO CASAS NARANJO DE LA UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA.



Fuente: Monografia.com. aerogeneradores.

La masa de aire **m** que se mueve a una velocidad **v** tiene una energía cinética. (Ramírez, 2011)

$$E = \frac{MV^2}{2}$$

La energía por unidad de volumen de la corriente de aire es

$$E = \frac{MV^2}{2}$$

La potencia de aire disponible en las masas de aire en el movimiento es proporcional al cubo de la velocidad del viento y el área expuesta a la corriente de aire

$$P_d = \frac{A\rho V^3}{2}$$

Debido a la alta variación temporal del viento, el potencial eólico disponible se caracteriza mediante la potencia media disponible por unidad de área expuesta.

$$\frac{\overline{P_d}}{A} = \frac{\rho V^3}{2}$$

Si solo se dispone de la velocidad media, la potencia media será

$$\frac{\overline{P_d}}{\langle P \rangle} = FPE = \frac{\bar{V}^3}{\bar{V}^3}$$

Por lo tanto, la potencia eólica media disponible en un lugar donde solo se conoce la velocidad media será. (Ramírez, 2011)

$$\overline{P_d} = \frac{FPE\rho A \bar{V}^3}{2}$$



DISEÑO DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE VARIABLES AMBIENTALES USANDO COMO FUENTE DE ALIMENTACIÓN UNA TURBINA EOLICA DE EJE VERTICAL DE TIPO SAVONIUS PARA EL LABORATORIO CASAS NARANJO DE LA UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA.



Por lo tanto, la potencia aprovechada por el aire de un generador eólico seria.

$$\overline{P_d} = \frac{C_p \rho A \bar{V}^3}{2}$$

Donde el valor de C_p es conocido, de esta manera se obtiene la máxima potencia obtenida por el aire.

3.3. Calculo de la potencia nominal del generador.

Considerando las diferentes perdidas de energía por factores del acoplamiento mecánico y el proceso de conversión de energía mecánica y eléctrica se determina el rendimiento total o nominal del sistema.

Para el análisis del rendimiento total del generador se considera el rendimiento mecánico del 100% debido a que el rotor está, conectado directamente con el motor generador de imán permanente, por otra parte, la eficiencia eléctrica del generador es del 90%. definida por el fabricante, el cual se muestra en la ficha técnica en la imagen N°10.

IMAGEN N°15: Especificaciones técnicas del generador eólico.

Especificaciones del artículo

Número de modelo: FT-100P	Se puede personalizar: Sí
Tipo: permanent magnet generator	Rated power: 100w
Rated voltage: 12 v/24v	Rated rotated speed: 600rpm
Top net weight: 3kg	Lubrication: Lubrication Grease
Working temperature: -40℃ - 80 ℃	Magnet material : NdFeB (Neodymium Iron Boron)
Protection grade: IP54	Efficiency : > 90%
Generator : 100W Permanent Magnet Alternator	

Fuente: aliexpress.com.

El rendimiento total se puede determinar por la explosión.

$$\eta_t = \eta_m * \eta_e * C_p \text{ (Jiménez, 2016)}$$

Donde

- η_m Eficiencia mecánica
- η_e Eficiencia eléctrica
- C_p Coeficiente de potencia

Reemplazando los valores obtenidos anteriormente tenemos que:



DISEÑO DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE VARIABLES AMBIENTALES USANDO COMO FUENTE DE ALIMENTACIÓN UNA TURBINA EOLICA DE EJE VERTICAL DE TIPO SAVONIUS PARA EL LABORATORIO CASAS NARANJO DE LA UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA.



$$\eta_t = 1 * 0,9 * 0,33 = 0,297 \approx 0,3$$

Se desea que la potencia máxima nominal a una velocidad de viento máxima sea de 100w, por lo tanto:

$$P_{util} = 100w$$

Es decir que la potencia nominal es:

$$P_{ns} = \frac{P_{util}}{\eta_t} = \frac{100w}{0,3} = 333,33$$

Ya obtenido estos valores se puede determinar las dimensiones del rotor.

3.4. Dimensiones del rotor.

Determinada la potencia del diseño y la potencia nominal, se tiene que la potencia generada por un rotor eólico está dada por la ecuación

$$P = \frac{1}{2} * \rho * A * \bar{V}^3$$

Donde

P potencia nominal o generada por el rotor [w].

A área de barrido del rotor[m²].

ρ densidad del aire [Kg/m³]

v velocidad del viento [m/s]

Para la densidad de aire obtenemos el valor calculado en la primera parte del documento el cual fue de 1,169 Kg/m³. despejando el área de barrido y reemplazando los valores tenemos que.

$$A = \frac{2 * P}{\rho * \bar{V}^3}$$

$$A = \frac{2 * 100W}{1,169 \text{ Kg/m}^3 * 5,7^3} = 1m^2$$

El área de barrido del rotor es de 1 m²



DISEÑO DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE VARIABLES AMBIENTALES USANDO COMO FUENTE DE ALIMENTACIÓN UNA TURBINA EOLICA DE EJE VERTICAL DE TIPO SAVONIUS PARA EL LABORATORIO CASAS NARANJO DE LA UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA.



Después se procede a hallar la cuerda del alabe por la siguiente expresión.

$$\sigma = \frac{N * C * L}{A}$$

Como necesitamos tener la relación de la cuerda del alabe con el BAR despejamos L de la ecuación de BAR y la reemplazamos en la ecuación de solidez, y tendríamos como resultado.

$$BAR = \frac{L}{C}$$

Despejamos L

$$C * BAR = L$$

Reemplazamos L en la ecuación de solidez.

$$\sigma = \frac{N * C * C * BAR}{A} = \frac{N * C^2 * BAR}{A}$$

Ahora despejamos C.

$$C^2 = \frac{\sigma * A}{BAR * N}$$

$$C = \sqrt{\frac{\sigma * A}{BAR * N}}$$

Reemplazando valores tenemos que

$$C = \sqrt{\frac{0,8 * 1m^2}{8 * 3}} = 0,18$$

Y por último se determina el diámetro despejado D de la expresión

$$\sigma = \frac{N * C}{D}$$

$$D = \frac{3 * 0,18}{0,8} = 0,67$$

Y la altura del rotor se obtiene de.



DISEÑO DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE VARIABLES AMBIENTALES USANDO COMO FUENTE DE ALIMENTACIÓN UNA TURBINA EOLICA DE EJE VERTICAL DE TIPO SAVONIUS PARA EL LABORATORIO CASAS NARANJO DE LA UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA.



$$h = \frac{A}{D} = \frac{1m^2}{0,67} = 0,98m$$

por lo tanto, las dimensiones del área de barrido son de aproximadamente 67 cm de diámetro y 98cm de altura.

3.2. Dimensionamiento del generador.

En este caso no se diseñó el generador, lo que se seleccionó fue la potencia nominal y a partir de allí se diseñó el área de barrido, al momento de haber determinado las dimensiones de este, se calculó la potencia generada a partir de la velocidad máxima y mínima del viento al igual que la promedio para estimar el rango de generación de energía eólica dependiendo de las condiciones atmosféricas.

$$P = C_p * \left(\frac{1}{2} * \rho * A * \bar{V}^3\right)$$

Para $\rho = 1,169 \frac{Kg}{m^3}$, $A = 1m^2$, $V_{max} = 7,2 m/s$, $V_{min} = 4,2m/s$, y un $C_p = 0,3$

Tenemos

$$P_{max} = 0,3 * \left(\frac{1}{2} * 1,169 \frac{Kg}{m^3} * 1m^2 * \overline{7,2 \frac{m}{s}}^3\right) = 0,3 * 218,16w = 65,4w$$

$$P_{min} = 0,3 * \left(\frac{1}{2} * 1,169 \frac{Kg}{m^3} * 1m^2 * \overline{4,2 \frac{m}{s}}^3\right) = 0,3 * 43w = 12,99w$$

Por lo tanto, el sistema puede generar desde 12,99w hasta 65,4w de potencia nominal.

Se calcula la velocidad de rotación para los diferentes valores de velocidad por medio de la siguiente expresión:

$$w_{max} = \frac{TSR * V}{R} = \frac{0,8 * 7,3m/s}{0,33m} = 17,69rad/s$$

$$w_{min} = \frac{TSR * V}{R} = \frac{0,8 * 4,2m/s}{0,33m} = 10,18rad/s$$



DISEÑO DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE VARIABLES AMBIENTALES USANDO COMO FUENTE DE ALIMENTACIÓN UNA TURBINA EOLICA DE EJE VERTICAL DE TIPO SAVONIUS PARA EL LABORATORIO CASAS NARANJO DE LA UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA.



$$w_{med} = \frac{TSR * V}{R} = \frac{0,8 * 5,2m/s}{0,33m} = 12,6rad/s$$

Pasando este valor a revoluciones por minuto tenemos que:

$$n_{max} = \frac{60 * 17,69rad/s}{2\pi} = 168,9rpm$$

$$n_{min} = \frac{60 * 10,18rad/s}{2\pi} = 97,2rpm$$

$$n_{med} = \frac{60 * 12,6rad/s}{2\pi} = 128,32rpm$$

Para finalizar determinamos el torque necesario para romper el momento de inercia del generador con la siguiente expresión:

$$T = \frac{P}{w} = \frac{12,99w}{10,18rad/s} = 1,27Nm$$

Lo que permite elegir el torque mínimo del generador, para que de esta manera pueda romper el momento de inercia del motor sin ninguna fuerza extra que no sea de viento.

3.3. Selección del motor, controlador y almacenamiento de energía.

Debido al análisis anterior del generador se seleccionó un generador de imán permanente que trabaje a 24 v ac a una potencia de 100w, a 600 rpm máxima, para estas especificaciones solo se pudo conseguir un motor trifásico de corriente alterna lo que implica la utilización de un controlador que rectifique y a su vez carga la batería.

IMAGEN N°16: Generador eólico de imán permanente de 24v ac a 100w.



DISEÑO DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE VARIABLES AMBIENTALES USANDO COMO FUENTE DE ALIMENTACIÓN UNA TURBINA EOLICA DE EJE VERTICAL DE TIPO SAVONIUS PARA EL LABORATORIO CASAS NARANJO DE LA UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA.



Fuente: aliexpress.com.

IMAGEN N°17: Especificaciones técnicas del generador.

Especificaciones del artículo

Número de modelo: FT-100P

Tipo: permanent magnet generator

Rated voltage: 12 v/24v

Top net weight: 3kg

Working temperature: -40°C - 80 °C

Protection grade: IP54

Generator : 100W Permanent Magnet Alternator

Se puede personalizar: Sí

Rated power: 100w

Rated rotated speed: 600rpm

Lubrication: Lubrication Grease

Magnet material : NdFeB (Neodymium Iron Boron)

Efficiency : > 90%

Fuente: aliexpress.com

Para la elección del controlador se tuvo en cuenta las especificaciones del generador eólico como la potencia y el voltaje de operación de entrada y salida hacia la batería por lo tanto se eligió un controlador de carga Max 600 W 12 V/24 V Auto.

IMAGEN N°18: Controlador SF-12/24-A.



DISEÑO DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE VARIABLES AMBIENTALES USANDO COMO FUENTE DE ALIMENTACIÓN UNA TURBINA EOLICA DE EJE VERTICAL DE TIPO SAVONIUS PARA EL LABORATORIO CASAS NARANJO DE LA UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA.



Fuente: aliexpress.com

IMAGEN N°19: Especificaciones técnicas.

Model Number ^o	SF-12/24-A ^o	
Rated Voltage of the Battery ^o	12V ^o	24V ^o
Rated Voltage of the Wind Turbine ^o	300W-600W ^o	
Brake Voltage ^o	15V ^o	30V ^o
Recovery Voltage ^o	13.5V ^o	27V ^o
Max Input Current ^o	30A ^o	
Display ^o	LED (3 PCS) ^o	
Dimension ^o	100mm×87mm×28mm ^o	
Quiescent Current ^o	≤20 mA ^o	
Protection Grade ^o	IP67 ^o	

Fuente: aliexpress.com.

Y por último se elige la batería adecuada para el sistema por medio de la siguiente expresión

$$P = V * I$$

Despejamos teniendo en cuenta el valor promedio de la potencia generada por el generador que en este caso es $P_{med} = 65,4w$ hallamos la energía que se necesita durante 4 horas de autonomía que con dos cargas de 9w, por lo tanto, tenemos que:

$$E = P_{carga} * numero\ de\ horas$$

Para dos luminarias led de 9w tenemos que.

$$E = (9w * 2) * 4\ horas = 72w/h$$



DISEÑO DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE VARIABLES AMBIENTALES USANDO COMO FUENTE DE ALIMENTACIÓN UNA TURBINA EOLICA DE EJE VERTICAL DE TIPO SAVONIUS PARA EL LABORATORIO CASAS NARANJO DE LA UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA.



Ahora despejamos la corriente de la expresión

$$P = V * I$$

$$I = \frac{P}{V}$$

Reemplazando los valores tenemos que

$$I = \frac{18}{12} = 1,5A$$

Reemplazamos el valor de la corriente en la expresión

$$C = I * \text{número de horas}$$

$$C = 1,5A * 4\text{horas} = 6A/H$$

Obteniendo la capacidad de la batería en condiciones normales se recomienda de que esta no llega a descargarse menos de 50% de la carga total (auto solar, 2015), por lo tanto, se dimensiona un 50% más de la calidad nominal, por lo tanto.

$$C_{total} = 6 \frac{A}{H} + \left(6 \frac{A}{H} * 0.5 \right) = 9A/H$$

Por lo tanto, la batería a utilizar es de una capacidad de 9A/H es decir de 12 A/H

IMAGEN N°20: Batería de ciclo profundo de 12v a 9 Ah.





DISEÑO DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE VARIABLES AMBIENTALES USANDO COMO FUENTE DE ALIMENTACIÓN UNA TURBINA EOLICA DE EJE VERTICAL DE TIPO SAVONIUS PARA EL LABORATORIO CASAS NARANJO DE LA UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA.



Fuente: <https://autosolar.es/baterias/baterias-12v>.

4. Sistema de monitoreo de las variables del generador eólico.

Para poder analizar las variables y parámetros de generación de energía y condiciones climáticas del generador se determinó diseñar un sistema de monitoreo en tiempo real, utilizando la herramienta Ubidots, el cual nos permite visualizar en tiempo real por medio de un servidor web las variables a medir de la turbina. Este sistema está compuesto por una serie de procesos y herramientas desde sensores, tarjeta de desarrollo ESP32 DEV KITV1 y sistemas de visualización.

4.1. Materiales utilizados para el sistema de monitoreo.

Este sistema está compuesto por sensores de corriente, temperatura, humedad y sensor infrarrojo, el cual extraen la información de sistema eólico para de esta manera llevarlo a la tarjeta ESP32 DEV KITV1 y se visualizan en un servidor web llamado Ubidots Educación y una LCD 16x2.

4.1.1. Sensor de corriente ACS/712.



El Sensor de corriente de 12 A de efecto hall permite medir la corriente que se genera a partir del controlador, tiene baja resistencia del elemento de paso para una baja disipación de potencia (1.2 mΩ típico).



DISEÑO DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE VARIABLES AMBIENTALES USANDO COMO FUENTE DE ALIMENTACIÓN UNA TURBINA EOLICA DE EJE VERTICAL DE TIPO SAVONIUS PARA EL LABORATORIO CASAS NARANJO DE LA UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA.



4.1.2. Sensor de temperatura y humedad SHT10.



- Rango de suministro de voltaje: 2.4 V a 5.5 V (3.3 V típicos)
- Interfaz: 2 hilos (CLK y DATOS)
- Rango de humedad: 0 a 100%
- Rango de temperatura: -40 grados C a 123.8 grados C
- Precisión de humedad: +/- 4.5%
- Precisión de la temperatura: +/- 0.5 grados C
- Consumo de energía en modo inactivo a 3.3 V: Máx. 5 micro vatios (Típico 2 micro vatios)
- Consumo de energía en modo activo @ 3.3V: típico 3 milivatios.

4.1.3. Tarjeta de desarrollo ESP32 DEVKITV1



El DOIT Esp32 DevKit v1 es uno de los tableros de desarrollo creados por DOIT para evaluar el módulo ESP-WROOM-32. Se basa en el microcontrolador ESP32 que cuenta con WiFi, Bluetooth, Ethernet y soporte de baja potencia, todo en un solo chip.



DISEÑO DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE VARIABLES AMBIENTALES USANDO COMO FUENTE DE ALIMENTACIÓN UNA TURBINA EOLICA DE EJE VERTICAL DE TIPO SAVONIUS PARA EL LABORATORIO CASAS NARANJO DE LA UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA.



4.1.4. LCD 16X2



El LCD (Liquid Crystal Display) o pantalla de cristal líquido es un dispositivo empleado para la visualización de contenidos o información de una forma gráfica, mediante caracteres, símbolos o pequeños dibujos dependiendo del modelo. Está gobernado por un microcontrolador el cual

dirige todo su funcionamiento (Salas, 2013).

4.1.5. Módulo LM2596DC-DC



Este circuito te permite tener un voltaje regulado a partir de una fuente de alimentación con un voltaje mayor, por ejemplo, si se tiene una fuente de 12V, se puede regular a 5V, 3.3V, 2.2V, etc., para el uso con microcontroladores, Arduino, PICs, Raspberry Pi, fuentes variables, drivers para leds, etc.

4.1.6. UBIDOTS EDUCATION.

Es una empresa privada de servicios de ingeniería, especialista en soluciones de hardware y software conectadas para monitorear, controlar y automatizar de forma remota, se ha hecho conocido dentro del hardware, el software, la ingeniería integrada y los círculos de fabricantes como la plataforma asequible, confiable y más utilizable en un ecosistema de plataforma de IoT lleno de una fuerte competencia (Aguatin P, 2012).

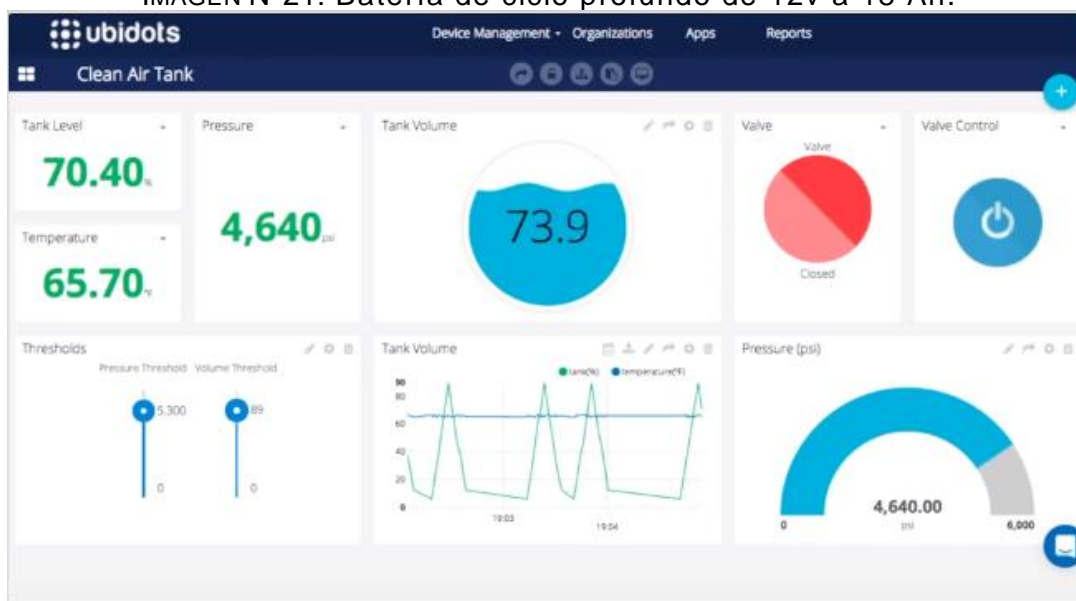


DISEÑO DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE VARIABLES AMBIENTALES USANDO COMO FUENTE DE ALIMENTACIÓN UNA TURBINA EOLICA DE EJE VERTICAL DE TIPO SAVONIUS PARA EL LABORATORIO CASAS NARANJO DE LA UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA.



Este servidor cuenta también con una plataforma para educación, la cual dona créditos para que se puedan realizar proyectos de IOT de forma gratuita, simplemente creando una cuenta en esta plataforma que se utilizara como herramienta para la visualización de los datos del generador, además permite descargar archivos .csv de los datos almacenador, que posteriormente se utilizaran para el análisis de éstos.

IMAGEN N°21: Batería de ciclo profundo de 12v a 18 Ah.



Fuente: <https://ubidots.com/>.

4.2. Diseño del sistema de monitoreo.

Para el diseño del monitoreo se utilizaron los materiales antes mencionados, se programó la ESP32 con el ID de arduino, para esto fue necesario que cada sensor se programara por aparte y se probara.

4.2.1. Medición de corriente y voltaje.

Para las mediciones de voltaje y corriente se diseñó un código, el cual leerá las señales analógicas de la salida de los sensores; en el caso del sensor de corriente que funciona por efecto hall, se tomó del pin 35 y el voltaje se toma del pin 34 de la ESP32, ambos son pines de entrada análoga.



DISEÑO DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE VARIABLES AMBIENTALES USANDO COMO FUENTE DE ALIMENTACIÓN UNA TURBINA EOLICA DE EJE VERTICAL DE TIPO SAVONIUS PARA EL LABORATORIO CASAS NARANJO DE LA UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA.



Para todas las lecturas se configuro la ESP32 para que funcionara con una resolución de 4095 bits y un ancho de banda de 3.8v para las entradas analógicas.

IMAGEN N°22: Código de lectura del voltaje y corriente.

```
float readvoltage(){
  while (count < muestra) {
    suma += analogRead(pinv);
    count++;
  }
  voltage = ((suma /muestra) * 3.30) / 1024.00;
  voltage_real = (voltage * 4.98);
  count = 0;
  suma = 0;
  return float (voltage_real);
}

float readcorriente(){
  while (counti < muestra) {
    sumai += analogRead(pini);
    counti++;
  }
  corriente = ((sumai /muestra) * 3.30) / 1024.00;
  corriente_real =((corriente-1.65 )/sensibilidad);
  counti = 0;
  sumai = 0;
  return float (corriente_real);
}
```

Fuente: Arduino.

Como se observa en la imagen N°16 se promedia señal analógica y se aplica la función del voltaje, al igual para la corriente ajustando la resolución descrita en la hoja de especificaciones del sensor, además de tener los valores de voltaje y corriente se obtiene la potencia generada.

4.2.2. Medición de temperatura y humedad.

Para estas variables se utiliza el sensor SHT10, el cual es un encapsulado que permite medir de manera serial los valores de temperatura y humedad ambiente para este se utiliza la librería del sensor que se encuentra en el ID Arduino.



DISEÑO DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE VARIABLES AMBIENTALES USANDO COMO FUENTE DE ALIMENTACIÓN UNA TURBINA EOLICA DE EJE VERTICAL DE TIPO SAVONIUS PARA EL LABORATORIO CASAS NARANJO DE LA UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA.



IMAGEN N°23: Código de lectura de temperatura y humedad

```
#include <SHT1x.h>
#define dataPin 4
#define sckPin 2 //serial clock

SHT1x th_sensor(dataPin, sckPin);

void setup()
{
  Serial.begin(115200);
  Serial.println("enviando");
}

void loop()
{
  float temp_c;
  float humid;

  // lee los valores del sensor
  humid = th_sensor.readHumidity();
  temp_c = th_sensor.readTemperatureC();

  // imprime valores de temperatura y humedad
  Serial.print("Temperature: ");
  Serial.print(temp_c);
  Serial.print(", Humidity: ");
  Serial.println(humid);

  delay(1000);
}
```

Fuente: arduino.

Para este sensor utilizamos los pines digitales de la ESP32 4 y 2 en el cual se reciben 8 bits por cada pin.

4.2.3. Visualización de los datos.

Para la visualización de los datos se utilizó protocolo de comunicación MQTT, el cual es compatible con la plataforma de Ubidots. Para esto se establece comunicación por medio de conexión a internet utilizando una dirección Ip determinada.



DISEÑO DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE VARIABLES AMBIENTALES USANDO COMO FUENTE DE ALIMENTACIÓN UNA TURBINA EOLICA DE EJE VERTICAL DE TIPO SAVONIUS PARA EL LABORATORIO CASAS NARANJO DE LA UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA.



Todo esto es posible debido a que la tarjeta ESP32 posee un módulo WIFI que permite la conexión a internet promedio de un usuario y una clave establecida.

IMAGEN N°24: Código de comunicación con ESP32 a Ubidots y visualización en la LCD16X2

```
namespace {

    const char * WIFISSID = "Wi-Fi LabEnsol"; // Asignar nombre de la red
    const char * PASSWORD = "LabEnsol.2018"; // Asignar contraseña
    const char * TOKEN = "A1E-5HA9wvECRCJ4Bmknlt7xSDEaTgKHRG"; // Asignar TOKEN de ubidots
    const char * MQTT_CLIENT_NAME = "Assign_MQTT_client_here"; // Asignar nombre del cliente MQTT ,
    const char * VARIABLE_LABEL_1 = "voltaje"; // Asignar la etiqueta de la variable
    const char * VARIABLE_LABEL_2 = "temperatura"; // Asignar la etiqueta de la variable
    const char * VARIABLE_LABEL_3 = "humedad"; // Asignar la etiqueta de la variable
    const char * VARIABLE_LABEL_4 = "corriente";
    const char * VARIABLE_LABEL_5 = "potencia"; // Asignar la etiqueta de la variable
    const char * DEVICE_LABEL = "esp32"; // Asignar la etiqueta del dispositivo
    const char * MQTT_BROKER = "things.ubidots.com";

    // Asignar GPIO de la esp32....
    const int pinv = 34;
    const int pini = 35;
    const int dataPin = 4;
    const int sckPin = 2;
    // sr=15,en=2;d7=4,d6=16,d5=17,d4=5
    LiquidCrystal lcd(15, 2, 4, 16, 17, 5);
}
```



DISEÑO DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE VARIABLES AMBIENTALES USANDO COMO FUENTE DE ALIMENTACIÓN UNA TURBINA EOLICA DE EJE VERTICAL DE TIPO SAVONIUS PARA EL LABORATORIO CASAS NARANJO DE LA UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA.



```

void callback(char* topic, byte* payload, unsigned int length) {
    char p[length + 1];
    memcpy(p, payload, length);
    p[length] = NULL;
    String message(p);
    Serial.write(payload, length);
    Serial.println(topic);
}

void reconnect() {
    // Loop until we're reconnected
    while (!client.connected()) {
        Serial.println("Attempting MQTT connection...");

        // Attempt to connect
        if (client.connect(MQTT_CLIENT_NAME, TOKEN, "")) {
            Serial.println("Connected");
        } else {
            Serial.print("Failed, rc=");
            Serial.print(client.state());
            Serial.println(" try again in 2 seconds");
            // Wait 2 seconds before retrying
            delay(2000);
        }
    }
}

WiFi.begin(WIFISSID, PASSWORD);
pinMode(dataPin, INPUT);
pinMode(sckPin, INPUT);

Serial.println();
Serial.print("Wait for WiFi...");

while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    Serial.print(".");
    delay(500);
}

Serial.println("");
Serial.println("WiFi Connected");
Serial.println("IP address: ");
Serial.println(WiFi.localIP());
client.setServer(MQTT_BROKER, 1883);
client.setCallback(callback);
}

void loop() {
    if (!client.connected()) {
        reconnect();
    }
}

```



DISEÑO DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE VARIABLES AMBIENTALES USANDO COMO FUENTE DE ALIMENTACIÓN UNA TURBINA EOLICA DE EJE VERTICAL DE TIPO SAVONIUS PARA EL LABORATORIO CASAS NARANJO DE LA UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA.



```
temp_c = th_sensor.readTemperatureC();
humid = th_sensor.readHumidity();
voltage_iot = readvoltage();
corriente_iot = readcorriente();
potencia_iot = voltage_iot*corriente_iot;

//dtostrf( "variable a medir" , "ancho minimo del valor" , "presición", donde se guarda el valor flotante");.....
dtostrf(voltage_iot, 4, 2, str_voltage);
dtostrf(corriente_iot, 4, 2, str_corriente);
dtostrf(potencia_iot, 4, 2, str_potencia);
dtostrf(temp_c, 4, 2, str_temperature);
dtostrf(humid, 4, 2, str_humedad);

// creacion de solicitud de ubidots, es donde se muetra los valores en la plataforma.....
sprintf(topic, "%s", "/v1.6/devices/", DEVICE_LABEL);
sprintf(payload, "%s", ""); // Cleans the payload
sprintf(payload, "\\\"%s\\\": %s,", VARIABLE_LABEL_1, str_voltage); // Adds the variable label
sprintf(payload, "%s\\\"%s\\\": %s,", payload, VARIABLE_LABEL_2, str_temperature); // Adds the variable label
sprintf(payload, "%s\\\"%s\\\": %s,", payload, VARIABLE_LABEL_3, str_humedad); // Adds the variable label
sprintf(payload, "%s\\\"%s\\\": %s,", payload, VARIABLE_LABEL_4, str_corriente); // Adds the variable label
sprintf(payload, "%s\\\"%s\\\": %s", payload, VARIABLE_LABEL_5, str_potencia);

Serial.println("Publishing values to Ubidots Cloud");
lcd.setCursor(0,0); //columna , fila
lcd.print(voltage_iot);
lcd.print("V");
```

```
Serial.println("Publishing values to Ubidots Cloud");
lcd.setCursor(0,0); //columna , fila
lcd.print(voltage_iot);
lcd.print("V");
lcd.setCursor(0,1); //columna , fila
lcd.print(corriente_iot);
lcd.print("A");
lcd.setCursor(9,0); //columna , fila
lcd.print(potencia_iot/1000);
lcd.print("KW");
//delay(500);
```

Fuente: Arduino.

De esta manera es que se puede obtener la visualización y registro de las variables del generador eólico.

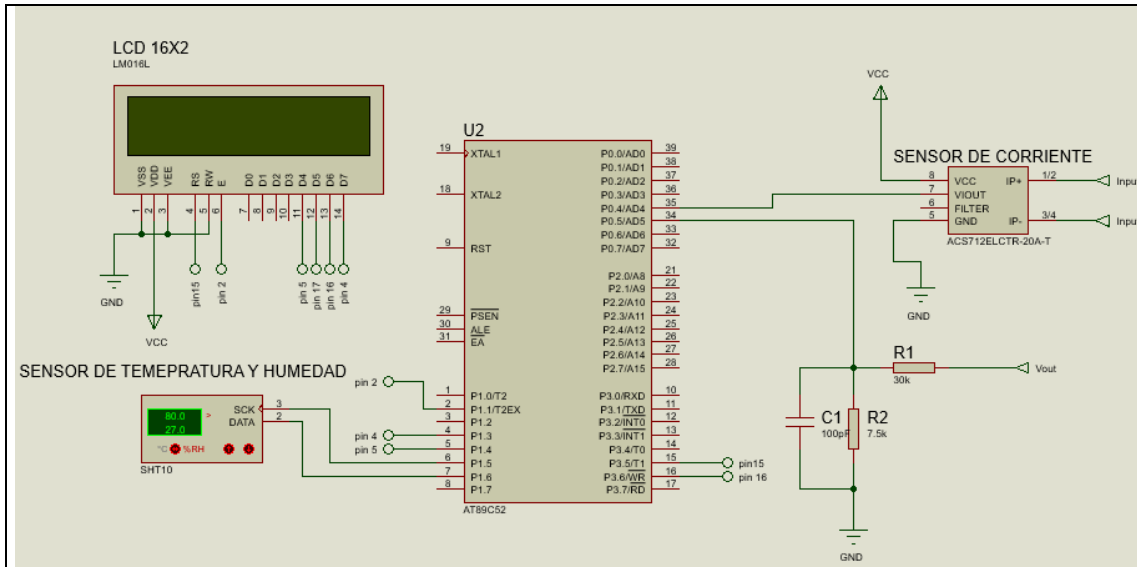
4.3. Circuito general del sistema de monitoreo.

Se realiza un esquema general donde se muestra las conexiones entre sensores y tarjetas de desarrollo como se puede ver en la imagen N°25.

IMAGEN N°25: Esquema general del sistema de monitoreo del generador



DISEÑO DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE VARIABLES AMBIENTALES USANDO COMO FUENTE DE ALIMENTACIÓN UNA TURBINA EOLICA DE EJE VERTICAL DE TIPO SAVONIUS PARA EL LABORATORIO CASAS NARANJO DE LA UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA.



Fuente: Proteus.

Para el esquema general del monitoreo se utilizó el software de proteus, el cual permitió diseñar de manera detallada las conexiones del sistema.

5. Partes del sistema del generador eólico.

Después de haber terminado con todo el proceso de diseño tanto del generador eólico como del sistema de monitoreo, se seleccionan los materiales en los cuales se fabricará la turbina, para esto se divide en las siguientes partes.

5.1. Rotor o área de barrido del generador.

Para la fabricación de esta parte del sistema se utilizó láminas de aluminio 0.9mm de espesor, tomando forma semicilíndrica para las aspas, al igual que dos tapas circulares de triples 3mm, el cual sostiene y ajusta las aspas de aluminio.

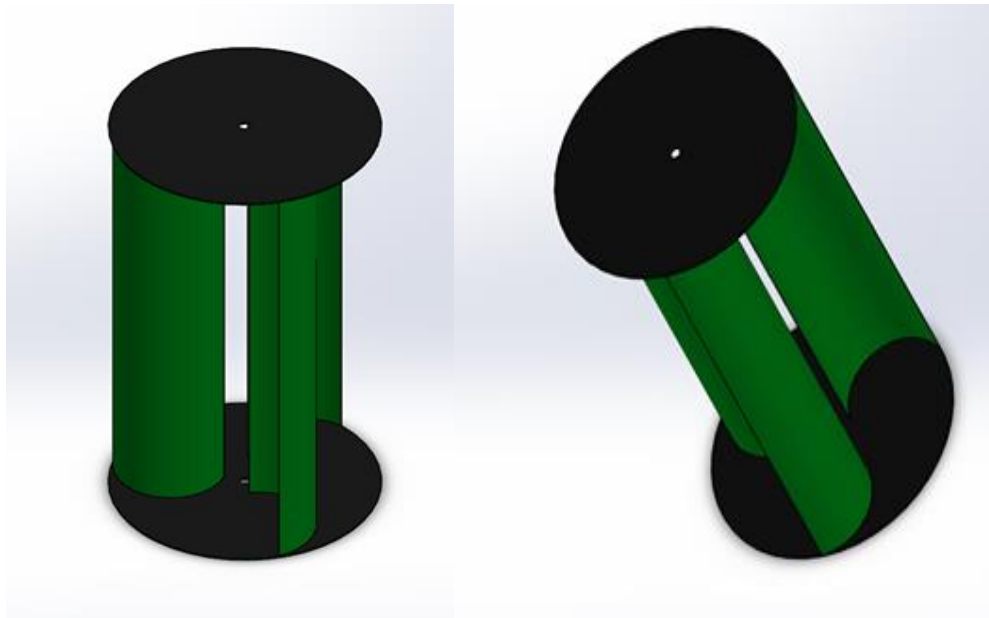
Se utilizó el aluminio y el triple con el fin de reducir el peso de rotor que descansa sobre las valieras de la parte superior del soporte que se mostrará a continuación. En la imagen N° 26 se muestra el diseño del área de barrido.



DISEÑO DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE VARIABLES AMBIENTALES USANDO COMO FUENTE DE ALIMENTACIÓN UNA TURBINA EOLICA DE EJE VERTICAL DE TIPO SAVONIUS PARA EL LABORATORIO CASAS NARANJO DE LA UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA.



IMAGEN N°26: Área de barrido del generador eólico



Fuente: Solidworks.

5.2 Base del generador eólico.

Una de las partes fundamentales del sistema de generación aparte del rotor es un buen soporte que mantenga fijo el eje de manera vertical, para que de esta manera el área de barrido gire sin ninguna inclinación, ya que; ésta proporcionaría fricción en las valieras. Por esta razón es necesario elegir un buen material para el soporte de generador, en este caso se fabricó con tubería cuadrada de hierro de 1 pulgada.

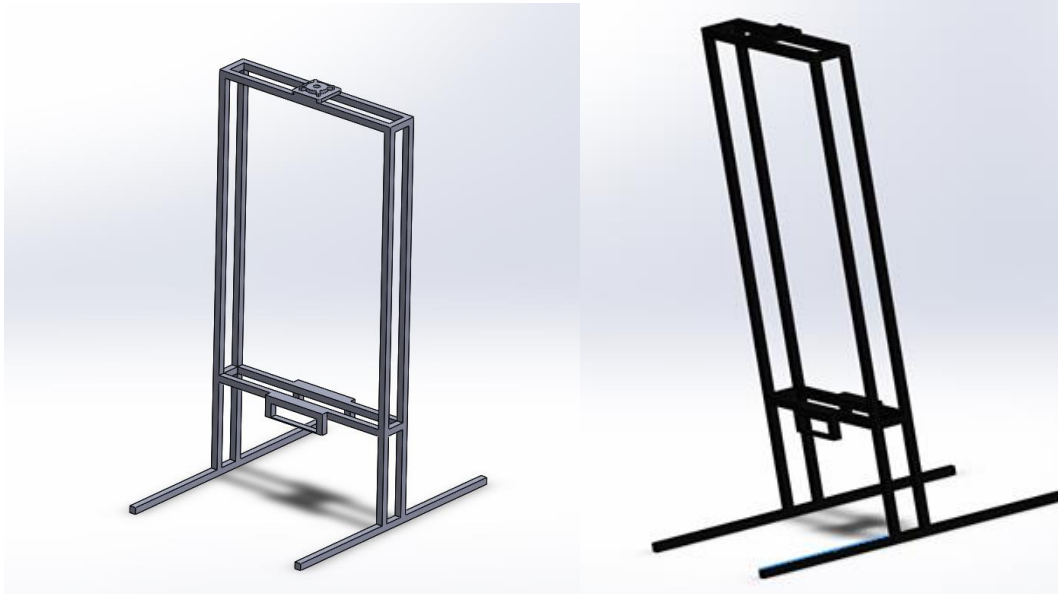
Además, se fabricó un soporte para la valiera de la parte superior de la base que se encuentra fijada por medio de tornillos, de igual manera se realizó una base en la parte inferior de la estructura, con el fin de fijar el motor del generador, (véase en la imagen N°21).



DISEÑO DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE VARIABLES AMBIENTALES USANDO COMO FUENTE DE ALIMENTACIÓN UNA TURBINA EOLICA DE EJE VERTICAL DE TIPO SAVONIUS PARA EL LABORATORIO CASAS NARANJO DE LA UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA.



IMAGEN N°27: Base del generador eólico



Fuente: Solidworks.

1.1. Conversión de energía mecánica a eléctrica.

En la conversión de la energía mecánica a eléctrica se hizo uso de un motor generador eólico de 24v a 100w, además de eso fue necesario la utilización de un controlador trifásico que rectificara y convirtiera el sistema trifásico a el voltaje DC para cargar la batería.

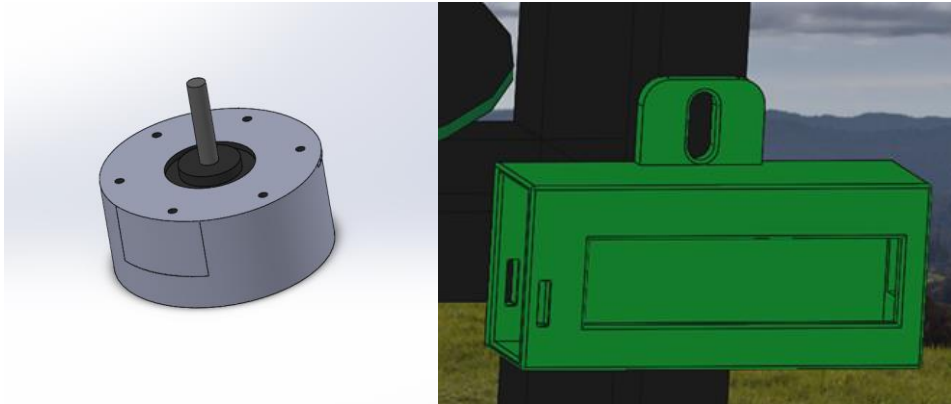
Es fundamental que el generador este fijo al soporte de la turbina, ya que este esta acoplado de manera directa con el rotor, por lo tanto, se construyó una base que fijara al motor por cuatro tornillos que tres este para así asegurar la fijación de éste.



DISEÑO DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE VARIABLES AMBIENTALES USANDO COMO FUENTE DE ALIMENTACIÓN UNA TURBINA EOLICA DE EJE VERTICAL DE TIPO SAVONIUS PARA EL LABORATORIO CASAS NARANJO DE LA UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA.



IMAGEN N°28: sistema de conversión de energía mecánica a eléctrica



Fuente: Solidworks.



1.2. Montaje general de generador eólico.

Finalmente podemos definir la estructura general del generador listo para producir energía y registrar variables tanto atmosféricas como la temperatura, humedad, producción de energía y la velocidad del viento.

IMAGEN N°29: diseño general



Fuente: Solidworks.



	DISEÑO DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE VARIABLES AMBIENTALES USANDO COMO FUENTE DE ALIMENTACIÓN UNA TURBINA EOLICA DE EJE VERTICAL DE TIPO SAVONIUS PARA EL LABORATORIO CASAS NARANJO DE LA UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA.	
---	---	---

La intención de este proyecto es despertar la cultura y conocimiento de diferentes fuentes de energías renovables que permitan mejorar la eficiencia energética del país, este diseño está centrado como instrumento de laboratorio en la Universidad del Magdalena.

15. Conclusiones y líneas futuras

En el anterior proyecto se obtiene las siguientes conclusiones.

- La ciudad de Santa Marta está conformada por un mar territorial y un área montañosa cerca de la Sierra Nevada, lo que permite que las velocidades de vientos sean bajas, el cual están representados por velocidades máximas anuales de 7,2 m/s, mínimas de 4,2 m/s y media de 5,2 m/s, también cuenta con una presión atmosférica de 1013 hPa y una temperatura promedio de 28,9 °C, lo que permitió determinar una densidad de aire del 1,169 Kg/m³; llevando a definir un generador eólico de tipo Savonius, como la mejor alternativa para estas condiciones atmosféricas en el laboratorio Casas Naranjo ubicado en el Edificio Docente Ricardo Villalobos Rico en la Universidad del Magdalena.
- Es fundamental la adquisición y visualización de las medidas que arrojan las variables como la temperatura, humedad, corriente, voltaje y potencia que se adquieren del generador eólico; debido a esto fue necesario la utilización de la plataforma IOT Ubidots, el cual nos permite visualizar y almacenar las mediciones de estas variables en tiempo real, gracia al acceso a una cuenta creada, protegiendo de manera segura esta información. En importante concluir que el tipo de turbina eólica Sabonius seleccionada, favorece en gran manera estas mediciones, por lo que su funcionamiento es óptimo en este lugar de acuerdo con las condiciones atmosféricas de esta ubicación.
- Obtenido el diseño del generador eólico de tipo Savonius se puede considerar este sistema como un inicio a la investigación de fuentes no convencionales de energía, además aria parte de un instrumento de laboratorio para la universidad del Magdalena, debido a que cuenta con un sistema de monitoreo en tiempo real. Permitiendo a que se puedan desprender algunos artículos científicos, aportando a la sociedad la



	<p>DISEÑO DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE VARIABLES AMBIENTALES USANDO COMO FUENTE DE ALIMENTACIÓN UNA TURBINA EOLICA DE EJE VERTICAL DE TIPO SAVONIUS PARA EL LABORATORIO CASAS NARANJO DE LA UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA.</p>	
---	--	---

viabilidad que tiene estos generadores de energía por medio de la fuerza del viento. Apartar de este prototipo se pretende que se pueda experimentar con diferentes diseños de aspas para determinar cuál obtiene mejor rendimiento.

- Para las líneas futuras de este proyecto se tienen las siguientes.
 1. Se pretende que este prototipo sea mejorado incluyendo el monitoreo de variables como velocidad del viento, presión atmosférica y dirección del viento, con el fin de hacer un análisis más completo de los parámetros que influyen a este tipo de generador de energía.
 2. En el sistema de monitoreo se mejoraría utilizando los registros de los datos en memoria y la visualización se presentará en un monitor dentro del laboratorio.
 3. Se diseñaría diferentes tipos de aspas para la misma estructura, con el fin de comparar el rendimiento del generador para diferentes tipos de área de barrido.

Bibliografía

- Aguatin P, g. A. (2012). *Ubidots*. Recuperado el 12 de Agosto de 2018, de <https://ubidots.com/about/>
- auto solar*. (19 de Marzo de 2015). Recuperado el 30 de 11 de 2018, de <https://autosolar.es/blog/aspectos-tecnicos/como-calculer-la-capacidad-de-las-baterias>
- Barrazueta, L. C. (5 de Abril de 2015). *diseño y construccion de un generador eolico de eje vertical tipo Savonius para producir 20 watt*. Recuperado el 10 de 12 de 2018, de <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/10538/1/CD-6238.pdf>
- CLIMATE-DATA.ORG. (12 de Febrero de 2015). Recuperado el 7 de Noviembre de 2018, de <https://es.climate-data.org/americas-del-sur/colombia/magdalena/santa-marta-3650/>
- Jiménez, J. C. (2016). *PROTOTIPO DE TURBINA EÓLICA DE EJE VERTICAL PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA A BAJA ESCALA*. Recuperado el 2 de Diciembre de 2018
- MORIMITSU, D. T. (10 de Febrero de 2015). <http://repositorio.utp.edu.co>. Recuperado el 11 de Diciembre de 2018, de

	DISEÑO DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE VARIABLES AMBIENTALES USANDO COMO FUENTE DE ALIMENTACIÓN UNA TURBINA EOLICA DE EJE VERTICAL DE TIPO SAVONIUS PARA EL LABORATORIO CASAS NARANJO DE LA UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA.	
---	---	---

<http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/5145/621312136T693.pdf?sequence=1>
 Oscar Ivan Orduz Berdugo, J. s. (28 de Febrero de 2011). *Tangara*. Recuperado el 6 de Diciembre de 12, de <http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/tesis/2011/137798.pdf>
Power Access Viewer. (12 de Abril de 1998). Recuperado el 5 de Noviembre de 2018, de <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>
 Ramírez Cruz Alan, S. L. (10 de Abril de 2014). *Prezi*. Recuperado el 12 de 11 de 2018, de https://prezi.com/d_zppo_yixh6/constante-particular-del-aire/
 Ramírez, K. P. (11 de Noviembre de 2011). *Aerogeneradores: Generadores de electricidad y productores de agua*. Recuperado el 20 de 12 de 2018, de <https://www.monografias.com/trabajos82/aerogeneradores-generadores-electricidad-y-productores-agua/aerogeneradores-generadores-electricidad-y-productores-agua2.shtml>
 Salas, J. (10 de febrero de 2013). *Todoelectrodo*. Recuperado el 15 de Noviembre de 2018, de <http://todoelectrodo.blogspot.com/2013/02/lcd-16x2.html>
searchdatacenter.techtarget.com. (17 de Septiembre de 2017). Recuperado el 8 de Diciembre de 2018, de <https://searchdatacenter.techtarget.com/es/definicion/Internet-de-las-cosas-IoT>
 Zambrano, D. A. (18 de julio de 2017). *Naturaleza.paradais*. Obtenido de <https://naturaleza.paradais-sphynx.com/atmosfera/presion-atmosferica-viento-aire.htm#definicion-de-viento>.

16. ANEXOS.

N°	Relación de Anexos
1	Pruebas de monitoreo en tiempo real para el generador eólico por medio de la plataforma IOT Ubidots
2	Código completo del monitoreo del generador.
3	Estructura general del generador.



DISEÑO DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE VARIABLES AMBIENTALES USANDO COMO FUENTE DE ALIMENTACIÓN UNA TURBINA EOLICA DE EJE VERTICAL DE TIPO SAVONIUS PARA EL LABORATORIO CASAS NARANJO DE LA UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA.



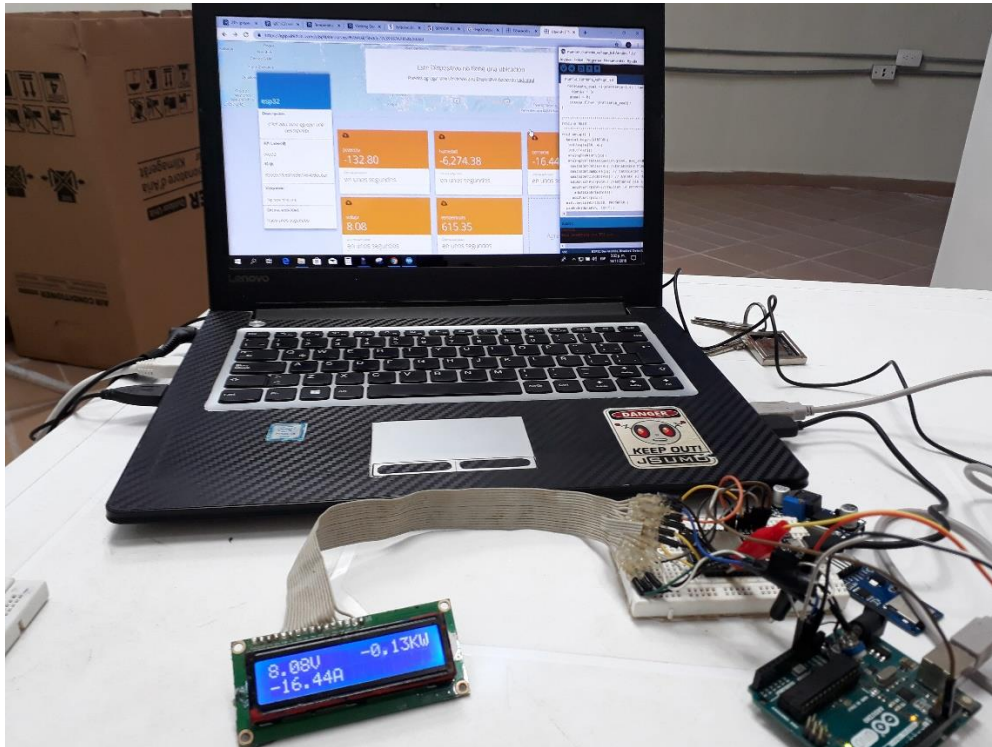
ANEXOS



DISEÑO DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE VARIABLES AMBIENTALES USANDO COMO FUENTE DE ALIMENTACIÓN UNA TURBINA EOLICA DE EJE VERTICAL DE TIPO SAVONIUS PARA EL LABORATORIO CASAS NARANJO DE LA UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA.



Anexo 1.



Anexo 2.

```
/* Include Libraries
*****/
#include <WiFi.h>
#include <PubSubClient.h>
#include <SHT1x.h>
#include <LiquidCrystal.h>

/*****
* Define Constants
*****/

#define muestra 100
namespace {

const char * WIFISSID = "Wi-Fi LabEnsol"; // Asignar nombre de la red
const char * PASSWORD = "LabEnsol.2018"; // Asignar contraseña
const char * TOKEN = "A1E-5HA9wvECRCJ4Bmknlt7xSDEaTgKHRG"; // Asignar TOKEN de ubidots
const char * MQTT_CLIENT_NAME = "Assign_MQTT_client_here"; // Asignar nombre del cliente MQTT ,
const char * VARIABLE_LABEL_1 = "voltaje"; // Asignar la etiqueta de la variable
const char * VARIABLE_LABEL_2 = "temperatura"; // Asignar la etiqueta de la variable
const char * VARIABLE_LABEL_3 = "humedad"; // Asignar la etiqueta de la variable
const char * VARIABLE_LABEL_4 = "corriente";
const char * VARIABLE_LABEL_5 = "potencia"; // Asignar la etiqueta de la variable
const char * DEVICE_LABEL = "esp32"; // Asignar la etiqueta del dispositivo
const char * MQTT_BROKER = "things.ubidots.com";
```




DISEÑO DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE VARIABLES AMBIENTALES USANDO COMO FUENTE DE ALIMENTACIÓN UNA TURBINA EOLICA DE EJE VERTICAL DE TIPO SAVONIUS PARA EL LABORATORIO CASAS NARANJO DE LA UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA.



```

// Asignar GPIO de la esp32....
const int pinv = 34;
const int pini = 35;
const int dataPin = 7;
const int sckPin = 6;
// sr=15,en=2;d7=4,d6=16,d5=17,d4=5
LiquidCrystal lcd(15, 2, 4, 16, 17, 5);
}

// Inicializacion de las variable....
float suma = 0; // sum of samples taken
unsigned char count = 0; // current sample number
float voltage = 0.0; // calculated voltage
float voltage_real = 0.0;
float voltage_iot = 0.0;

float sensibilidad = 0.100;
float sumai = 0; // sum of samples taken
unsigned char counti = 0; // current sample number
float corriente = 0.0; // calculated voltage
float corriente_real = 0.0;
float corriente_iot = 0.0;

float potencia_iot =0;

float temp_c;
float humid;
//Espacios para almacenar la solicitud....

char payload[400];
char topic[200];

// Espacio de almacenamiento de las variables....

char str_voltage[10];
char str_corriente[10];
char str_potencia[10];
char str_temperature[10];
char str_humedad[10];

// funciones auxiliares de conectividad.....

WiFiClient ubidots;
PubSubClient client(ubidots);
SHT1x th_sensor(dataPin, sckPin);

void callback(char* topic, byte* payload, unsigned int length) {
    char p[length + 1];
    memcpy(p, payload, length);
    p[length] = NULL;
    String message(p);
    Serial.write(payload, length);
    Serial.println(topic);
}

```



DISEÑO DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE VARIABLES AMBIENTALES USANDO COMO FUENTE DE ALIMENTACIÓN UNA TURBINA EOLICA DE EJE VERTICAL DE TIPO SAVONIUS PARA EL LABORATORIO CASAS NARANJO DE LA UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA.



```
void reconnect() {
  // Loop until we're reconnected
  while (!client.connected()) {
    Serial.println("Attempting MQTT connection...");

    // Attempt to connect
    if (client.connect(MQTT_CLIENT_NAME, TOKEN, "")) {
      Serial.println("Connected");
    } else {
      Serial.print("Failed, rc=");
      Serial.print(client.state());
      Serial.println(" try again in 2 seconds");
      // Wait 2 seconds before retrying
      delay(2000);
    }
  }
}

// funcion del sensor distancia.....
float readvoltage(){
  while (count < muestra) {
    suma += analogRead(pinv);
    count++;
  }
  voltage = ((suma /muestra) * 3.30) / 1024.00;
  voltage_real = (voltage * 4.98);
  count = 0;
  suma = 0;
  return float (voltage_real);
}

float readcorriente(){
  while (counti < muestra) {
    sumai += analogRead(pini);
    counti++;
  }
  corriente = ((sumai /muestra) * 3.30) / 1024.00;
  corriente_real = ((corriente-1.65 )/sensibilidad);
  counti = 0;
  sumai = 0;
  return float (corriente_real);
}
```



DISEÑO DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE VARIABLES AMBIENTALES USANDO COMO FUENTE DE ALIMENTACIÓN UNA TURBINA EOLICA DE EJE VERTICAL DE TIPO SAVONIUS PARA EL LABORATORIO CASAS NARANJO DE LA UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA.



```
/******  
Funcion MAIN  
*****/  
void setup() {  
  Serial.begin(115200);  
  lcd.begin(20, 4);  
  lcd.clear();  
  analogSetWidth(10);  
  analogSetPinAttenuation(pinv, ADC_1ldB); // 11--3.8v, 6--2.2v, 3--1.5v y 0-- 1v  
  analogSetCycles(4); //Establecer número de ciclos por muestra  
  analogSetSamples(1); // Establecer el número de muestras en el rango.  
  analogSetClockDiv(1); // Ajuste el divisor para el reloj ADC.  
  adcAttachPin(pinv); //Adjuntar pin a ADC (también borrará cualquier otro modo analógico que pueda estar activado)  
  adcStart(pinv); //Iniciar la conversión de ADC en el bus de pin adjunto  
  adcAttachPin(pini);  
  adcStart(pini);  
  WiFi.begin(WIFISSID, PASSWORD);  
  pinMode(dataPin, INPUT);  
  pinMode(sckPin, INPUT);  
  
  Serial.println();  
  Serial.print("Wait for WiFi...");  
  
  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {  
    Serial.print(".");  
    delay(500);  
  }  
  
  Serial.println("");  
  Serial.println("WiFi Connected");  
  Serial.println("IP address: ");  
  Serial.println(WiFi.localIP());  
  client.setServer(MQTT_BROKER, 1883);  
  client.setCallback(callback);  
}  
  
void loop() {  
  if (!client.connected()) {  
    reconnect();  
  }  
  // llamar funciones o realizar operaciones.....  
  
  temp_c = th_sensor.readTemperatureC();  
  humid = th_sensor.readHumidity();  
  voltage_iot = readvoltage();  
  corriente_iot = readcorriente();  
  potencia_iot = voltage_iot*corriente_iot;  
  
  //dtostrf( "variable a medir" , "ancho minimo del valor" , "presición", donde se guarda el valor flotante");.....  
  dtostrf(voltage_iot, 4, 2, str_voltage);  
  dtostrf(corriente_iot, 4, 2, str_corriente);  
  dtostrf(potencia_iot, 4, 2, str_potencia);  
  dtostrf(temp_c, 4, 2, str_temperature);  
  dtostrf(humid, 4, 2, str_humedad);
```



DISEÑO DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE VARIABLES AMBIENTALES USANDO COMO FUENTE DE ALIMENTACIÓN UNA TURBINA EOLICA DE EJE VERTICAL DE TIPO SAVONIUS PARA EL LABORATORIO CASAS NARANJO DE LA UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA.



```
// creacion de solicitud de ubidots, es donde se muestra los valores en la plataforma.....
sprintf(topic, "%s", "/v1.6/devices/", DEVICE_LABEL);
sprintf(payload, "%s", ""); // Cleans the payload
sprintf(payload, "{\"%s\": %s,", VARIABLE_LABEL_1, str_voltage); // Adds the variable label
sprintf(payload, "%s\"%s\": %s,", payload, VARIABLE_LABEL_2, str_temperature); // Adds the variable label
sprintf(payload, "%s\"%s\": %s,", payload, VARIABLE_LABEL_3, str_humedad); // Adds the variable label
sprintf(payload, "%s\"%s\": %s,", payload, VARIABLE_LABEL_4, str_corriente); // Adds the variable label
sprintf(payload, "%s\"%s\": %s}", payload, VARIABLE_LABEL_5, str_potencia);

Serial.println("Publishing values to Ubidots Cloud");
lcd.setCursor(0,0); //columna , fila
lcd.print(voltage_iot);
lcd.print("V");
lcd.setCursor(0,1); //columna , fila
lcd.print(corriente_iot);
lcd.print("A");
lcd.setCursor(9,0); //columna , fila
lcd.print(potencia_iot/1000);
lcd.print("KW");
//delay(500);

//// mostrar valores en el monitor serial del ID arduino.....

// Serial.print("voltage = ");
// Serial.println(voltage_iot);
// Serial.print("corriente = ");
// Serial.println(corriente_iot);
// Serial.print("temperature = ");
// Serial.println(temp_c);
// Serial.print("humedad = ");
// Serial.println(humid);

//publicacion de solicitud a ubidots
client.publish(topic, payload);
client.loop();
delay(5000); // intervalo en el cual se envian los datos....500 equivale a 1 segundo
}
```



DISEÑO DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE VARIABLES AMBIENTALES USANDO COMO FUENTE DE ALIMENTACIÓN UNA TURBINA EOLICA DE EJE VERTICAL DE TIPO SAVONIUS PARA EL LABORATORIO CASAS NARANJO DE LA UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA.



Anexo 3.

